

## ETABLERING AF MARINE VIRKEMIDLER PÅ LOLLAND-FALSTER



Udarbejdet af

**Blue Research ApS**  
Tværvvej 57  
2830 Virum

For

**Guldborgsund Kommune**  
Parkvej 37  
4800 Nykøbing F

Oktober 2021

Rapporten er udarbejdet af

**Per Dolmer**

Blue Research ApS

Tværevej 57

DK-2830 Virum

CVR: 41900296

Tlf.: +45 21347781

Kort om forfatteren:

Per Dolmer har omfattende forsknings- og rådgivningserfaring i forhold til bæredygtig etablering og drift af opdræt af muslinger og tang, udvikling af nye havbrugsprojekter, udvikling af projekter om landbaseret fiskeopdræt, udarbejdelse af miljødokumentation i forhold til fiskeri og akvakultur, og udarbejdelse af udviklingsstrategier. PD's forskning og rådgivning har understøttet en udvikling af forvaltning og produktionsmetoder i fiskeri og akvakultur. PD har omfattende kendskab til kystnære økosystemer og har mere end 25 års erfaring med studier af skaldyrs bestandsdynamik, kortlægning af habitattyper, undersøgelser af effekter af muslingefiskeri og udvikling af blå bioøkonomi.

Per Dolmer har været ansat 19 år som forsker og seniorrådgiver hos DTU Aqua samt 8 år som seniorrådgiver hos Orbicon og WSP. PD etablerede i starten af 2021 virksomheden Blue Research ApS, der rådgiver om udvikling af blå bioøkonomi.

## INDHOLDSFORTEGNELSE

INDHOLDSFORTEGNELSE .....	3
Etablering af marine virkemidler på Lolland-Falster.....	6
INDLEDNING.....	6
Formålet med nærværende rapport .....	7
Overskud af næringsstoffer i havet .....	8
Reduktion af klimagasser.....	8
Genoprettelse af biodiversitet.....	8
Bioøkonomisk vækst.....	8
KOBLEDE PROBLEMSTILLINGER .....	9
MUSLINGEOPDRÆT SOM MARINT VIRKEMIDDEL .....	13
Muslingernes biologi .....	13
Langliner .....	14
Dyrkning på net .....	15
Bundkultur og fiskeri af blåmuslinger.....	16
Produktiviteten af blåmuslinger omkring Lolland-Falster .....	16
Analyse i Virkemiddelkatalog - fjernelse af næringsstoffer.....	17
Forbedret biodiversitet.....	19
Binding af klimagasser .....	20
Bidrag til bioøkonomien .....	20
Er teknologien moden og rammebetingelserne på plads .....	24
Potentialet for forretningsudvikling .....	27
Kan der ske borgerinddragelse - Havhaver .....	31
Hvordan Finansieres den videre udvikling.....	32
Hvad er den videre plan og hvem er samarbejdspartnerne.....	33
MAKROALGER SOM MARINT VIRKEMIDDEL .....	34
Makroalgernes biologi.....	34
Dyrkning af Sukkertang.....	35
Fiskeri og høst af makroalger .....	36
Produktiviteten af makroalger omkring Lolland-Falster .....	38
Analyse i Virkemiddelkatalog - fjernelse af næringsstoffer.....	39
Forbedret biodiversitet.....	39
Binding af klimagasser .....	39
Bidrag til bioøkonomien .....	40

Er teknologien moden og rammebetingelserne på plads .....	40
Kan der ske borgerinddragelse – Havhaver .....	41
Hvordan Finansieres den videre udvikling.....	42
Hvad er den videre plan og hvem er samarbejdspartnerne.....	42
UDPLANTNING AF ÅLEGRÆS SOM MARINT VIRKEMIDDEL.....	43
Ålegræssets biologi.....	43
Udplantning af ålegræs omkring Lolland-Falster .....	44
Analyse i Virkemiddelkatalog - fjernelse af næringsstoffer.....	45
Forbedret biodiversitet.....	45
Binding af klimagasser .....	46
Skal der udvikles marine klimahaver .....	46
BOKS 1: FRA THE GUARDIAN 9. APRIL 2021 .....	49
Er teknologien moden og rammebetingelserne på plads .....	50
Foretningsudvikling.....	51



# ETABLERING AF MARINE VIRKEMIDLER PÅ LOLLAND-FALSTER

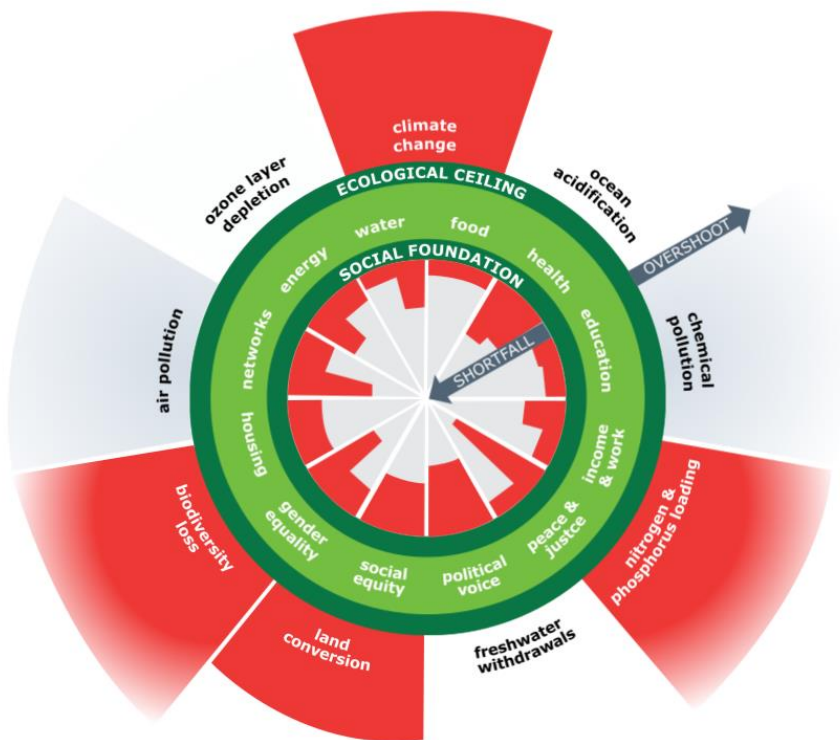
## INDLEDNING

Marine virkemidler, såsom dyrkning af blåmuslinger og makroalger samt udplantning af ålegræs, har en positiv effekt på flere relevante nationale og internationale politikker der omhandler en bæredygtig udvikling. Begrebet bæredygtighed er ofte vanskeligt at operationalisere, når kompleksiteten i den betragtede problemstilling øges. Hvis vi ser på en enkelt faktor f.eks. udledning af kvælstof, så er det enkelt at opstille en model, der beregner hvor stor en belastning et givent område kan tåle. Ser vi på komplekse problemstillinger, såsom målet med at finde en bæredygtig udvikling i forhold til fødevarerproduktion, krav om høj vandkvalitet, høj biodiversitet, lav klimapåvirkning, høj dyrevelfærd, sundhed osv., så er problemstillingen ikke helt så let at operationalisere.

I 1987 udgav Brundtland Kommissionen rapporten *Our Common Future*. Rapporten var den første af sin slags med fokus på global bæredygtighed og den gav en bred tilgang til bæredygtighed, der inddrog både de sociale, økonomiske og miljømæssige aspekter. En bæredygtig udvikling defineredes af Kommissionen som: *”En udvikling, som opfylder de nuværende behov, uden at bringe fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov i fare.”* Definitionen har fostret det tankemønster, der i dag er grundlæggende for vores tanker om bæredygtighed, men den er ikke særligt anvendelig ift. komplekse vurderinger.

En ny måde at betragte bæredygtighed på er Doughnut-modellen, der i disse år forsøges implementeret i en række storbyer, bl.a. København og Amsterdam. Modellen tager udgangspunkt i FN’s 17 verdensmål, men den formår også at integrere målene i et omfang afgrænset af minimumskrav til levestandard og økosystemernes bæreevne. Modellen er endnu et koncept og den er ikke operationaliseret med konkrete mål. Doughnut-modellen beskriver hvordan samfundet og virksomheder kan bidrage til en økonomisk udvikling, der ikke er på bekostning af jordens velbefindende (Figur 1). Doughnut-teorien blev introduceret af Kate Raworth i 2012. Den økonomiske teori er opkaldt efter en doughnut, da modellen tegner et billede af et doughnut-formet rum, hvor det er muligt at imødekomme menneskelige behov på en bæredygtig og socialt ansvarlig måde. Modellen består af to koncentriske cirkler: en indre cirkel, der repræsenterer velfærd som sundhed, uddannelse, ernæring, ligestilling og arbejdsvilkår, og en ydre cirkel der angiver grænserne for den mængde miljøbelastning og ressourceforbrug planeten kan klare. Mellem det sociale fundament og det naturmæssige loft finder vi en langsigtet, bæredygtig levemåde, visualiseret med doughnut’en. Denne repræsenterer således det rum, hvor de fundamentale menneskelige vilkår er opfyldt, og hvor der ikke sker en overudnyttelse af jordens ressourcer. Skaber vi en verden, hvor vi overudnytter jordens ressourcer ved at skabe klimaændringer og forurening etc., er der et overshoot af de økologiske grænser- og dermed ikke en bæredygtig udvikling. Hvis vi derimod ikke sikrer de fundamentale rammer for mennesker, er der et shortfall, hvor folk ikke oplever en retfærdig verden og oplever nød.

I forhold til etablering af dyrkning af muslinger og makroalger og udplantning af ålegræs omkring Lolland-Falster, vil dette have betydning for en lang række miljømæssigt og samfundsmæssigt vigtige problemstillinger. Tankegangen fra Doughnut-modellen kan umiddelbart overføres til at forstå betydningen af forhold som de økologiske grænser for natur-miljø og klima, men også adgang til lokale fødevarer, arbejdspladser, uddannelse, sundhed m.v., som er en del af det sociale fundament i doughnutens inderste cirkel, dvs. de vilkår, der skal være opfyldt for at sikre et godt liv.



Figur 1. Doughnut-modellen beskriver, hvordan samfundet og virksomheder kan bidrage til en økonomisk udvikling, der ikke sker på bekostning af jordens velbefindende.

## FORMÅLET MED NÆRVÆRENDE RAPPORT

- 1) At beskrive mulighederne for en kommerciel etablering af produktion af muslinger og makroalger samt udplantning af havgræs, og hvordan disse bidrager til næringsstofregulering, klima, biodiversitet og bioøkonomisk vækst
- 2) At vurdere, hvordan en etablering af virkemidler kan bidrage til udviklingen af nye fødevarer med lav klimabelastning.
- 3) At analysere, hvordan der kan tilvejebringes finansiering af de nødvendige aktiviteter for at realisere lokale potentialer, som bl.a. Agri-Aqua Innovation Denmark har peget på. En del af opgaven er at udarbejde en udviklings- og tidsplan. Analysen inddrager private virksomheder i forhold til at afklare et forretningspotentiale.

Rapporten starter med en kort gennemgang af relevante natur- og miljømæssige forhold, hvori muslinger, makroalger, og ålegræs kan bidrage til en løsning, samt hvordan disse løsninger kan bidrage til en bioøkonomisk vækst. Dernæst gennemgås muslingeopdræt, opdræt og høst af makroalger, og udplantning af ålegræs. I forhold til høst af makroalger gennemgås dette kun forholdsvis overfladisk, da høst ikke betragtes som et virkemiddel, men er vigtigt i en bioøkonomisk sammenhæng. Der opstilles i slutningen af rapporten forslag til, hvordan de tre erhvervsaktiviteter kan etableres omkring Lolland-Falster, og dermed bidrage til en bæredygtig udvikling. Dette forslag omfatter både en tidsplan, kortlægning af muligt aktørlandskab og en mulig finansiering.

## OVERSKUD AF NÆRINGSSTOFFER I HAVET

Miljøministeren har i et brev til Folketinget tilkendegivet, at der i Vandplan for 2021-2027 ([LINK](#)) vil være bindende krav om en stor indsats vedrørende kvælstofregulering. Miljøministeren angiver: *I grundscenariet (scenarie 1) lægges der til grund, at andre lande opfylder internationale aftaler herunder særligt handlingsplanen for Østersøoplandet, opfyldelse af andre landes mål i deres vandområdeplaner og for kvælstofdepositionen fra luft opfyldelse af NEC-direktivet. I grundscenariet er den samlede danske målbelastning 36.600 tons kvælstof, der dog kan øges, såfremt der gennemføres en reduktion af tilførslen af fosfor i de oplande, hvor det vil have en effekt.* Der er således lagt op til en væsentlig regulering af landbruget, og det er i de faglige diskussioner indikeret at op til 30% af landbrugsarealerne skal braklægges. Der er ikke sendt en Vandplan i høring. På nuværende tidspunkt er det derfor ikke afklaret, hvor store reduktionskrav der skal iværksættes for vandområderne på Lolland-Falster, og hvilke virkemidler der vil blive iværksat. Ligeledes er det uafklaret, om der kommer en statslig finansiering af marine virkemidler, som det ses med kollektive virkemidler på land.

## REDUKTION AF KLIMAGASSER

Som medunderskriver af Paris-aftalen har Danmark forpligtet sig til at reducere sine emissioner af klimagasser betydeligt inden 2050, og med vedtagelsen af Klimaloven (2019) forpligtede et bredt flertal af Folketinget sig til at reducere Danmarks drivhusgasemissioner med 70% i 2030 sammenlignet med 1990-niveauet samt at opnå klimaneutralitet inden 2050. Paris-aftalen giver mulighed for kompensationsforanstaltninger, hvor klimagasser kan bindes, og hvor de bundne kvoter kan sælges som klimakreditter.

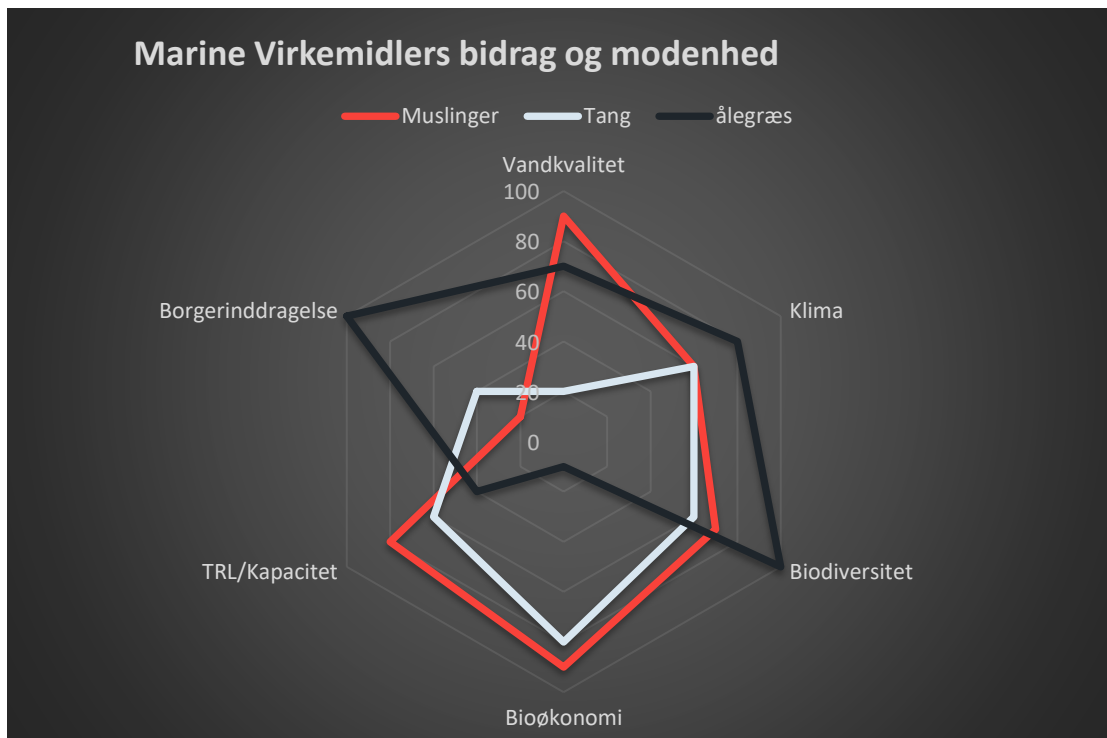
## GENOPRETTELSE AF BIODIVERSITET

Biodiversitetskrisen kan både nationalt og internationalt tilskrives måden hvorpå vi udnytter ressourcerne fra land og vand. En anden del af krisen kan tilskrives måden hvorpå vi kommer af med vores affald og affaldsprodukter. Med en cirkulær bioøkonomi kan vi anvende restprodukter til at producere nye produkter. Overskydende næringsstoffer fra land kan således anvendes til ny biomasseproduktion og således bidrage til forbedringen af marine habitater og den biodiversitet, der er afhængig af sunde økosystemer. Der er meget fokus på beskyttelsen af biodiversitet med begrænsning af påvirkning, udlægning af beskyttede områder, og gendannelse af vigtige strukturer som rev, ålegræsområder, muslingebanker mv.

## BIOØKONOMISK VÆKST

EU har med en række tiltag, herunder Green Deal-aftalen, særligt fokus på at økonomisk vækst inden for bioøkonomi skal være en central vækstmotor. Strategien gøres særligt relevant af, at en forventet befolkningstilvækst kombineret med en øget købekraft i en række folkerige nationer vil medføre en markant øget efterspørgsel på fødevarer og ressourcer. Udviklingen af nye former for bioøkonomiske produktionsformer er derfor svaret på en forventet ressourceknaphed. Det er forventningen, at en stor del af den øgede bioøkonomiske vækst skal ske på havet.





Figur 2 Diagram, der viser skøn af, i hvilket omfang de marine virkemidler (muslingeopdræt, tangopdræt, udplantning af ålegræs) kan bidrage til forvaltningsmål om forbedret vandkvalitet (VRD), klimamål og binding af CO<sub>2</sub> (CCS), øget biodiversitet og vækst inden for bioøkonomi. Det enkelte virkemiddels Technology Readiness Level (TRL) og nationale kapacitet til at iværksætte virkemidlet er vurderet, og endvidere vurderes det, i hvilket omfang lokale borgere kan inddrages i etablering og drift af virkemidlet. De enkelte effekter udgør et samlet skøn ud fra økosystemeffekter og mulighed for at produkter erstatter produkter med en højere klimapåvirkning. Diagrammet er ikke specifikt for Lolland-Falster.

## KOBLEDE PROBLEMSTILLINGER

De fire problemstillinger præsenteret ovenfor, eutrofiering, klimapåvirkning, bioøkonomi og biodiversitet, er på mange måder koblede, og der kan etableres virkemidler der ikke blot leverer løsninger i forhold til en enkelt problemstilling, men på tre eller fire af de nævnte problemstillinger (Figur 2). De fire problemstillinger er alle en del af Doughnut-modellen. Dyrkning af muslinger og tang samt etablering af ålegræs kan således bidrage til en bæredygtig udvikling både ved at sikre en bæredygtig udnyttelse af vores økosystemer og ved at sikre et socialt fundament med sunde fødevarer, uddannelse, gode jobs mv.

I forhold til marine virkemidler har Aarhus Universitet udarbejdet et virkemiddel-katalog for en række marine virkemidler ([LINK](#)), hvor særligt dyrkning af muslinger og makroalger samt etablering af ålegræsbede bør nævnes. Disse tre virkemidler kan etableres i farvandet omkring Lolland-Falster og vil, i forhold til de fire problemstillinger, kunne bidrage med væsentlige løsninger.

Der er stor forskel på de enkelte virkemidlers modenhed (TRL) og på hvorvidt der er national kapacitet til at iværksætte virkemidlet. Desuden er der stor forskel på hvorvidt etableringen af virkemidlet kan omfatte borgerinddragelse, og dermed bosætningsmålsætninger (Figur 2).

Virkemiddelkataloget viser, at blåmuslinger kan dyrkes omkring Lolland-Falster med op til ca. 70% effektivitet sammenlignet med de mest produktive områder i Limfjorden. Mineraliseringen ved skaldannelse binder en mængde CO<sub>2</sub>, som kan indgå som klimakredit. Muslinger kan indgå i bioøkonomien gennem industriel produktion af marint protein. Produktionen af muslinger har en række positive effekter på økosystemet ud

over fjernelse af N og P, herunder forbedret klarhed af vandet, og forbedring af levesteder for en række andre arter, herunder ål.

Dyrkning og fiskeri af makroalger, herunder særligt sukkertang, blæretang, gaffeltang og søsalat, vil binde næringsstoffer. Prismæssigt er næringsstoffjernelsen væsentligt dyrere end muslingeproduktion, men virkemidlet er interessant, da det optager næringsstofferne direkte. Tangproduktion har en positiv effekt på klimaet ved binding af CO<sub>2</sub> og øgning af pH. Der er i dag en voksende efterspørgsel efter sukkertang, og arten er i stigende omfang en vigtig ressource for marin bioøkonomi. Undersøgelser har vist, at dyrkning af sukkertang medfører en øget biodiversitet.

Udplantning af ålegræs og etablering af ålegræsbede er et virkemiddel, der de senere år har været under stor udvikling. Ålegræsbede, herunder særligt de rodnet der etableres, binder store mængder næringsstof og kulstof, og udplantning af ålegræs er derfor et vigtigt virkemiddel i forhold til reduktion af kvælstof og CO<sub>2</sub>. Ålegræs har en vigtig indirekte effekt på fiskeriet, idet ålegræsbedene er vigtige opvækstpladser for bl.a. torskefisk og kan således bidrage til genopretning af visse fiskebestande. Ålegræs er levested for en lang række arter, og etableringer af ålegræsbede vil således bidrage til en øget biodiversitet i danske kystområder. Lysnedtrængning er en begrænsende faktor for etablering af ålegræs, og en samtænkning af virkemidlet med muslingeproduktion kan være hensigtsmæssig.



Figur 3 Forskellige tangarter på stensætning ved havnen ved Onsevig (Foto: Per Dolmer).

DTU har i maj 2021 udgivet en rapport, der vurderer potentialer og barrierer for marine virkemidler ([Link](#)). Rapporten giver en afklaring af, hvorhenne de forskellige virkemidler kan iværksættes, og er således en opfølgning på Det Marine Virkemiddelkatalog. Præmissen for analysen er at identificere områder med biologiske-fysiske forhold der kan muliggøre anvendelse af et virkemiddel og dernæst at se på andre forhold, der kan begrænse etableringen af et marint virkemiddel. Endvidere skal der være et sammenhængende anvendeligt areal over en vis størrelse (20 ha) som kan anvendes på grund af administrative, logistiske og sociale forhold. I rapporten angives der for hvert vandområde hvorvidt henholdsvis dyrkning af blåmuslinger og dyrkning af sukkertang er muligt. Et vilkår for denne type analyse udført af DTU er, at der for hvert område angives, om et virkemiddel er anvendeligt, og der gradueres ikke mellem anvendeligt og uanvendeligt men i forhold til øget omkostningsniveau. I områder med lav salinitet eller lav vanddybde vil det således være muligt at producere f.eks. muslinger med en reduceret produktionskapacitet i forhold til den maksimale produktion. Etablering af marine virkemidler i disse områder kan være en hensigtsmæssig løsning, såfremt andre virkemidler, herunder virkemidler på land, ikke kan iværksættes. I rapporten vurderes anvendelsen af marine virkemidler for de forskellige vandområder som angivet i Tabel 1. Ifølge tabellen angives det, at muslingeopdræt kun kan anvendes som marint virkemiddel i den vestligste del i den åbne del af kystområderne omkring Lolland, hvor der er store sammenhængende områder med tilstrækkelig salinitet. Der identificeres ikke områder, der er egnet til tangdyrkning, hvorimod der i de fleste områder kan udplantes ålegræs. Det er vigtigt ikke at læse rapporten, således at den unødigt begrænser en udfoldning af en bioøkonomisk vækst, idet prissætning for ydelser og services kan være højere end for fjernelse af kvælstof. Ved en højere prissætning kan en produktion således blive rentabel. I den sydlige del af Smålandsfarvandet kan der muligvis findes områder, der er egnede til en lokal produktion af muslinger eller tang, og rapporten konkluderer udelukkende at området ikke umiddelbart er egnet til en industriel produktion som et marint virkemiddel med henblik på opsamling af næringsstoffer. Der er derfor i nærværende rapport set nærmere på produktionsmulighederne, bl.a. ved anvendelse af de samme analyseredskaber, der er anvendt i udarbejdelsen af Det Marine Virkemiddelkatalog og opfølgende analyser.

*Tabel 1 Vandområder med arealer > 20 ha, som er biologisk optimale til implementering af marine virkemidler. For muslinger og tang angives vandområder, med arealer > 20 ha, som har en effektivitet > 75% af max-effektiviteten. For ålegræs angives vandområder med arealer > 20 ha, som har forventet optimal transplantationssucces. IU (Ikke Undersøgt) angiver at vandområdets potentiale ikke er undersøgt, pga. manglende datagrundlag. Tabellen er fra Rapport Marine Virkemidler: Potentiale og barrierer ([Link](#)).*

Vandområde	Muslingeopdræt	Tangdyrkning	Ålegræs transplantering
34 Smålandsfarvandet Syd			x
38 Guldborgsund			x
44 Hjelm Bugt			x
45 Grønsund			x
90 Langelandsund	x		IU
206 Smålandsfarvandet åbne del	x		x
207 Nakskov Fjord	x		x
208 Femern Bælt	x		x
209 Rødsand og Bredningen			x



*Figur 4 Bæredygtighed skal sikre opfyldelsen af basale krav uden at skade vores økosystemer (Foto: Per Dolmer).*

Nærværende rapport fremstiller de tre marine virkemidler (dyrkning af blåmuslinger og makroalger samt udplantning af ålegræs) i forhold til produktionsteknologi og nationale erfaringer med dyrkningen. Det enkelte virkemiddel vurderes i forhold til virkemidlets effekt på vandkvalitet, klima, biodiversitet og bioøkonomisk vækst. Endvidere vurderes virkemidlerne i forhold til hvor teknisk veldokumenterede de er (TRL) og om virkemidlerne kan etableres og drives med inddragelse af lokale borgere eller som en del af undervisning. Endelig vurderes mulighederne for at etablere virkemidlerne omkring Lolland-Falster, og et antal virksomheder der kan etablere virkemidlerne identificeres.



## MUSLINGEOPDRÆT SOM MARINT VIRKEMIDDEL

Muslingeopdræt indgår som det marine virkemiddel, der er mest effektivt, og som er tættest på at kunne implementeres. DCE har i 2020 udarbejdet et katalog over marine virkemidler ([LINK](#)), og i dette katalog er der en grundig gennemgang af muslingeopdræt som virkemiddel til at fjerne kvælstof og fosfor fra kystnære områder (Bruhn et al 2020). Blåmuslinger kan produceres på flere forskellige måder; både på flydende systemer og på havbunden.

### MUSLINGERNES BIOLOGI

Muslinger er interessante i forhold til næringsstoffjernelse, øgning af biodiversitet, som klimavirkemiddel og som motor i udviklingen af blå bioøkonomi pga. af artens helt særlige biologi. Blåmuslingen starter med en forplantning, hvor hanner og hunner gyder deres kønsprodukter i havet og der dannes en larve. Larven driver rundt i 3-4 uger og sætter sig derefter fast på et fast substrat, hvilket kan være en anden musling, en sten eller et dyrkningssubstrat til muslingeopdræt. Muslingen vokser her, og kan kun bevæge sig i begrænset omfang. Musling får mad ved at filtrere vandet for partikler, dvs. den fjerner både fordøjelige partikler såsom fytoplankton, men også partikler såsom opslæmmede sand. Da muslingerne effektivt filtrerer partikler med størrelser ned til ca. 4 µm – svarende til at 250 partikler ligger ved siden af hinanden på en millimeter – er de meget effektive til at rense vand. En voksen musling kan potentielt rense op til 7 L vand i timen, 24 timer i døgnet, og da de store muslinger forekommer i tætheder op til 2000 muslinger per m<sup>2</sup>, kan muslinger forbedre vandkvaliteten og gøre vandet klarere. I forhold til Vandrammedirektivet bidrager muslingerne således med fjernelse af næringsstoffer, når muslingerne høstes. Muslingerne bidrager også med en forbedret sigtedybde og klarere vand, der giver mulighed for en øget udbredelse af makroalger og ålegræs i de områder hvor muslingerne opbygger tætte bestande.

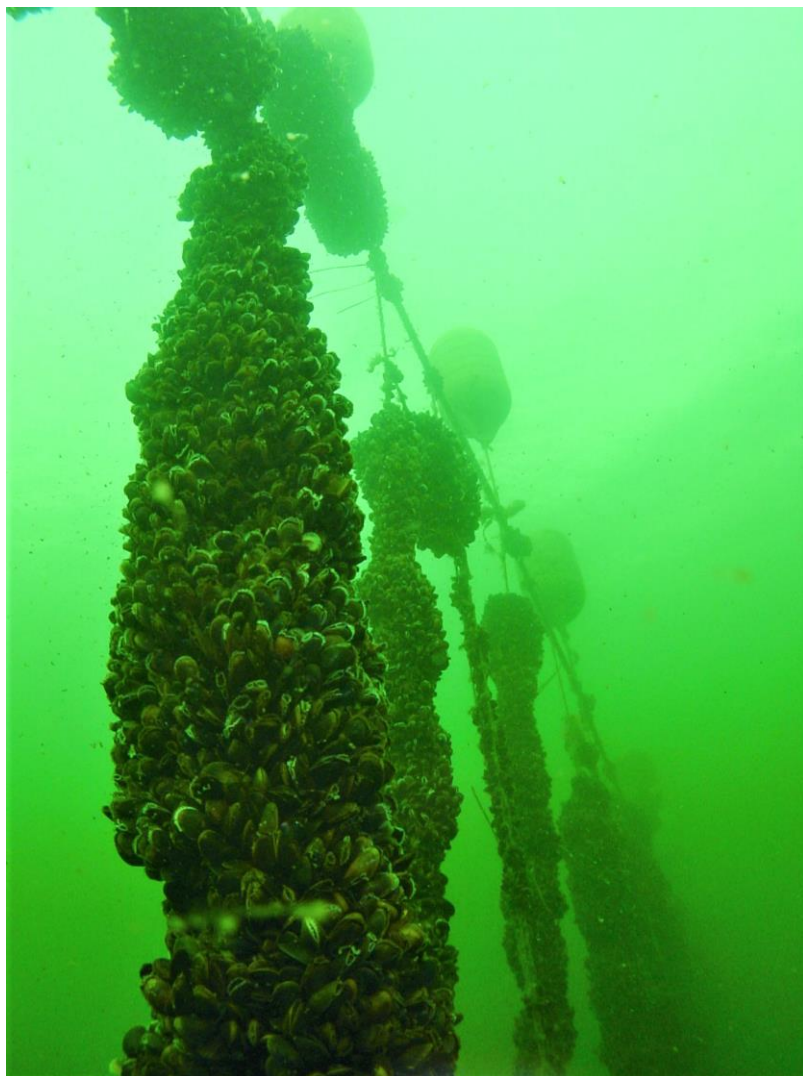
Blåmuslingerne er en "ingeniør-art" idet de opretter habitater, der er levested for en række andre arter. I muslingebanker vil der derfor ofte være en højere biodiversitet, idet muslingerne laver gemmesteder for fisk og andre mobile arter. F.eks. har det vist sig, at der ofte er en forholdsvis høj tæthed af ål i muslingeopdræt eller muslingebanker. Muslingernes overflader danner levested for arter, der skal sidde på en fast overflade. Under muslingebanken danner der sig et næringsrigt mudder fra muslingernes fækalier. Dette mudder er levested for organismer, der er tilpassede til et liv under disse betingelser.

Muslingernes skaldannelse mineraliserer CO<sub>2</sub>, der således er kemisk bundet i en struktur. En produktion af muslinger hvor skallerne f.eks. indgår i byggeri eller på anden måde opbevares vil fjerne CO<sub>2</sub> og således bidrage til de danske mål for reduktion af klimagasser.

Muslingekødet har samme kemiske sammensætning som fiskemel, dvs. samme aminosyresammensætning og med et proteinindhold, der er næsten lige så højt som hos fiskemel. Det er dermed muligt at lave en produktion af marint protein med dyrkning af muslinger – uden brug af foder eller medicin – der samtidig bidrager til en forbedret vandkvalitet, en øget biodiversitet, og som kan bruges som et værktøj til løsningen af klimaforandringerne.

## LANGLINER

Muslinger kan produceres på langliner, hvor der trækkes en hovedline, der holdes i overfladen af bøjer. Disse bøjer kan monteres eller afmonteres alt efter hvilken vægt af muslinger, der skal holdes flydende. Langlinerne kan endvidere undersænkes ved montering af vægte, hvormed der undgås skader på anlægget ved isdannelse og der undgås problemer med visuel forurening. Under hovedlinen fastgøres substratet hvorpå muslingerne skal dyrkes (Figur 5). Dette substrat kan udgøres af bændler, flossede reb eller mere komplekse substrater såsom stiger. Substraterne kan enten etableres som sammenhængende guirlander eller som enkelte korte substrater. Det er muligt at afhøste substraterne i efteråret, sortere muslingematerialet og genudhænge muslingerne i strømper for videre vækst. Denne omstrømning giver mulighed for at lave et ensartet produkt af høj kvalitet. Hvis formålet med muslingeopdrættet primært er at fjerne næringsstoffer, vil det ikke være rentabelt eller relevant at lave en omstrømning. Med muslingeopdræt på langliner anvendes der et meget fleksibelt system med mulighed for at vælge den produktionsform, der er mest effektiv i forhold til lokalitet, mandskab, logistik og produkt.



*Figur 5 Muslingeopdræt på langliner i Nørre Fjord. Muslingerne bliver produceret af amatør-fiskere med henblik på at udlægge muslingerne på havbunden for at fremme biodiversiteten og forbedre vandkvaliteten i området (Foto: Per Dolmer).*

## DYRKNING PÅ NET

Smartfarm-systemet er i modsætning til langline-systemet dyrt i anskaffelse men ikke særligt mandskabskrævende i forhold til produktion, da de fleste produktionsprocesser er automatiserede. Muslingerne sætter sig på store net, der holdes flydende i overfladen af lukkede PE-rør (Figur 6). En maskine med påmonterede børster eller plader kan afskrabe eller afbørste muslingerne i forbindelse med en afhøstning eller udtynding. Ved en afhøstning fjernes hele biomassen, og ved en udtynding er det kun en del af biomassen der fjernes fra nettene, for at skabe forbedrede vækstmuligheder for de muslinger, der bliver på nettene. Opdriften af rørene der holder nettet flydende er konstant. Ved risiko for isdannelse, er der dermed også risiko for at isen fanger rørene, hvis ikke disse vandfyldes og lægges ned på bunden. Ligeledes vil rørene synke, hvis biomassen af muslinger overstiger rørenes bæreevne (20-25 t). Der vil ofte være et betydeligt produktionstab, hvis rørene synker, hvad enten dette sker som en bevidst handling eller ved manglende udtynding. Der er i 2020 igangsat et 4-årigt GUDP-projekt, SUBMUSSEL, der har til formål at udvikle et undersænket muslingeopdræt, hvor muslingerne dyrkes på permanent undersænkede net. De producerede muslinger skal kunne afhøstes med en undervandsrobot, der vha. sonar og videosystemer giver mulighed for en kontrolleret afhøstning.



*Figur 6 Muslingeopdræt på net. Nettene holdes flydende med lukkede rør. Billedet er fra Venø Sund i den vestlige del af Limfjorden (Foto: Per Dolmer)*

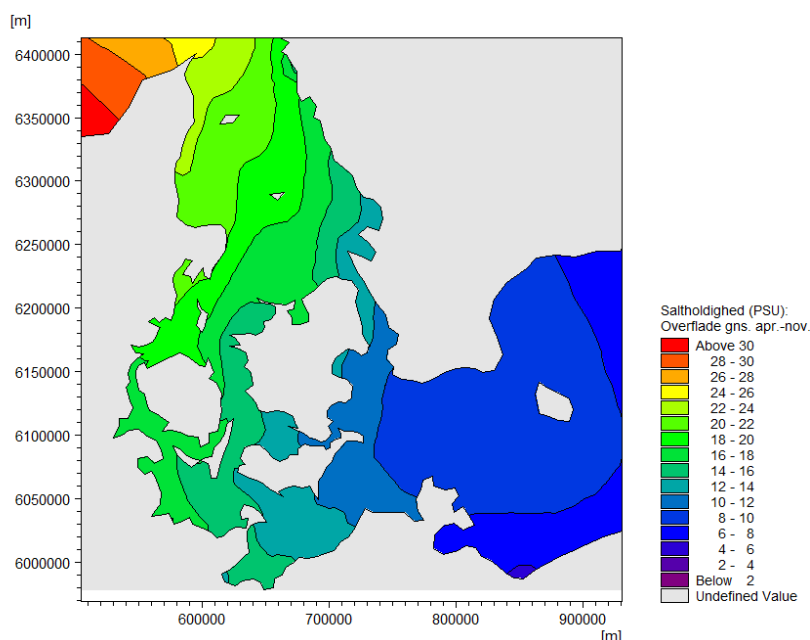
## BUNDKULTUR OG FISKERI AF BLÅMUSLINGER

I stedet for at dyrke muslingerne hængende på net eller reb oppe i vandsøjlen, kan muslingerne produceres på bunden. Muslingerne spiser fytoplankton og små organiske partikler der med vandbevægelserne i havet serveres til muslingen. På bunden er vandbevægelserne dæmpede, og fødestrømmen er ringere. Muslingerne på bunden vokser derfor langsommere, og den enkelte musling vil ikke have et lige så stort kødindhold som muslinger der dyrkes i flydende systemer.

Muslinger der produceres på bunden skal opfiskes med en muslingeskraber. Muslinger der udlægges i bundkultur kan enten være muslinger, der er afhøstet fra et flydende dyrkningssystem med langliner eller net, eller det kan være fra fiskeri af den naturlige bestand. Skrabning af muslinger fra havbunden kan medføre en påvirkning af bunden og de arter, der lever her.

## PRODUKTIVITETEN AF BLÅMUSLINGER OMKRING LOLLAND-FALSTER

Blåmuslinger har en væksthastighed, der er bestemt af en række forhold. Mængden af føde og transporten af føde med vandbevægelser som havstrømme og bølgeslag er af stor betydning for muslingernes vækst. Ved lav saltholdighed, og specielt ved lav og varierende saltholdighed bruger muslingerne rigtig meget energi på at tilpasse sig den lave saltholdighed. Undersøgelser i de indre danske farvande i 2011 fra den vestlige del af Limfjorden (salinitet 30 psu) til den sydlige del af Faxe Bugt (salinitet 8,5 psu) viste, at vækstraten i Faxe Bugt kun var ca. 40% af vækstraten i Limfjorden, hvor væksten var maksimal. Forskellen i vækst skyldes et større behov for osmoseregulering ved lav salinitet (Maar et al 2015). Saltholdigheden i farvandet omkring Lolland-Falster varierer fra 14-16 psu i Langelandsbæltet til 12-14 psu i Smålandsfarvandet og i Femern Bælt, til 10-12 psu i den østligste del af Smålandsfarvandet og øst for Stevns (Figur 7). I forhold til muslingernes vækst kan der således ud fra denne undersøgelse forventes en produktion på ca. 60 % af den maksimale produktion i den vestlige del af Lolland og ned til 40-50 % i farvandet øst for Falster.



Figur 7 Kort over saltholdigheden i de indre danske farvande målt i havoverfladen i perioden april til november, hvor muslingernes vækst er størst.

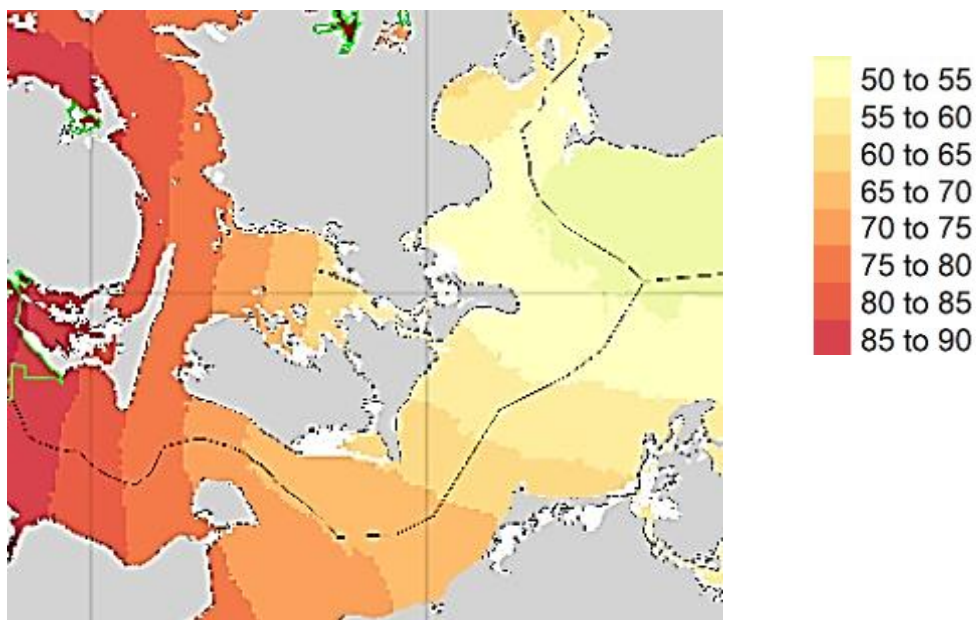


DTU Aqua gennemførte i 2009 et produktionsforsøg med blåmuslinger ved Nysted Havmøllepark ved Rødsand (Christensen et al 2009). Muslingernes rekruttering og vækst blev undersøgt på et lille pilotanlæg. Det blev vurderet, at produktionen i området var ca. 50% af produktionen i Limfjorden, dvs. den maksimale produktion. På baggrund af de gennemførte undersøgelser af muslingeproduktion i Nysted Havmøllepark (dvs. området med laveste salinitet) vurderedes det, at der i et område på 250x750 m (standard område til muslingeopdræt fra Fiskeridirektoratet) ville kunne produceres 250-500 tons blåmuslinger fra maj til oktober med store variationer fra år til år.

## ANALYSE I VIRKEMIDDELKATALOG - FJERNELSE AF NÆRINGSSTOFFER

I Virkemiddelkataloget fra 2020 (Bruhn et al 2020) angives det, at den maksimale produktion i et produktionsområde på 250x750 m på langliner er 1800 t ved en afhøstning i november. Dette svarer til en fjernelse af 0,7-1,4 t N ha<sup>-1</sup> og 0,06-0,09 t P ha<sup>-1</sup>. De tilsvarende værdier er for produktion på net en maksimal produktion på 4.000 t per anlæg og en fjernelse af 1,6-3,0 t N ha<sup>-1</sup> og 0,10-0,17 t P ha<sup>-1</sup>.

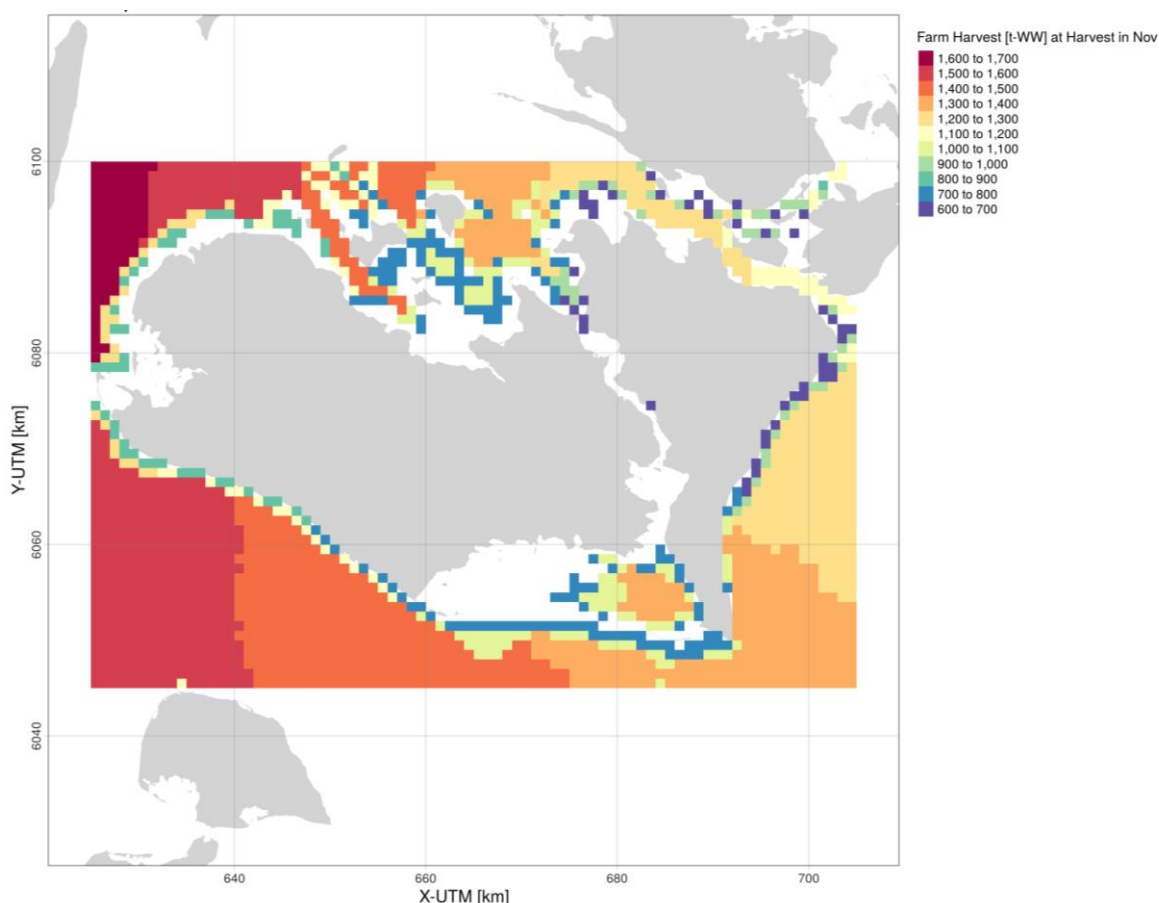
I virkemiddelkataloget er der ligeledes modelleret en rumlig variation i virkemiddelpotentialet for muslingeproduktion. De danske farvande er klassificeret i forhold til produktionspotentiale, hvor de mest produktive områder i Limfjorden udgør et potentiale på 100%. I farvandet omkring Lolland-Falster er virkemiddelpotentialet for et muslinge anlæg af standard størrelse (250\*750 m) angivet. Det ses, at der i den vestligste del af området opnås et potentiale på 75% af virkemidlet faldende til 55% i den østlige del (Figur 8). Priserne for at fjerne et kilo kvælstof med landlineproduktion vil således være højest i den østlige del af området, der udgør 165 kr./kg N, i forhold til prisen i den vestlige del, der udgør 116 kr./kg N. De tilsvarende priser for produktion på net er henholdsvis 106 kr./kg N og 77 kr./kg N. Priserne er estimeret uden et salg af de producerede muslinger og afspejler således kun produktionsomkostningerne.



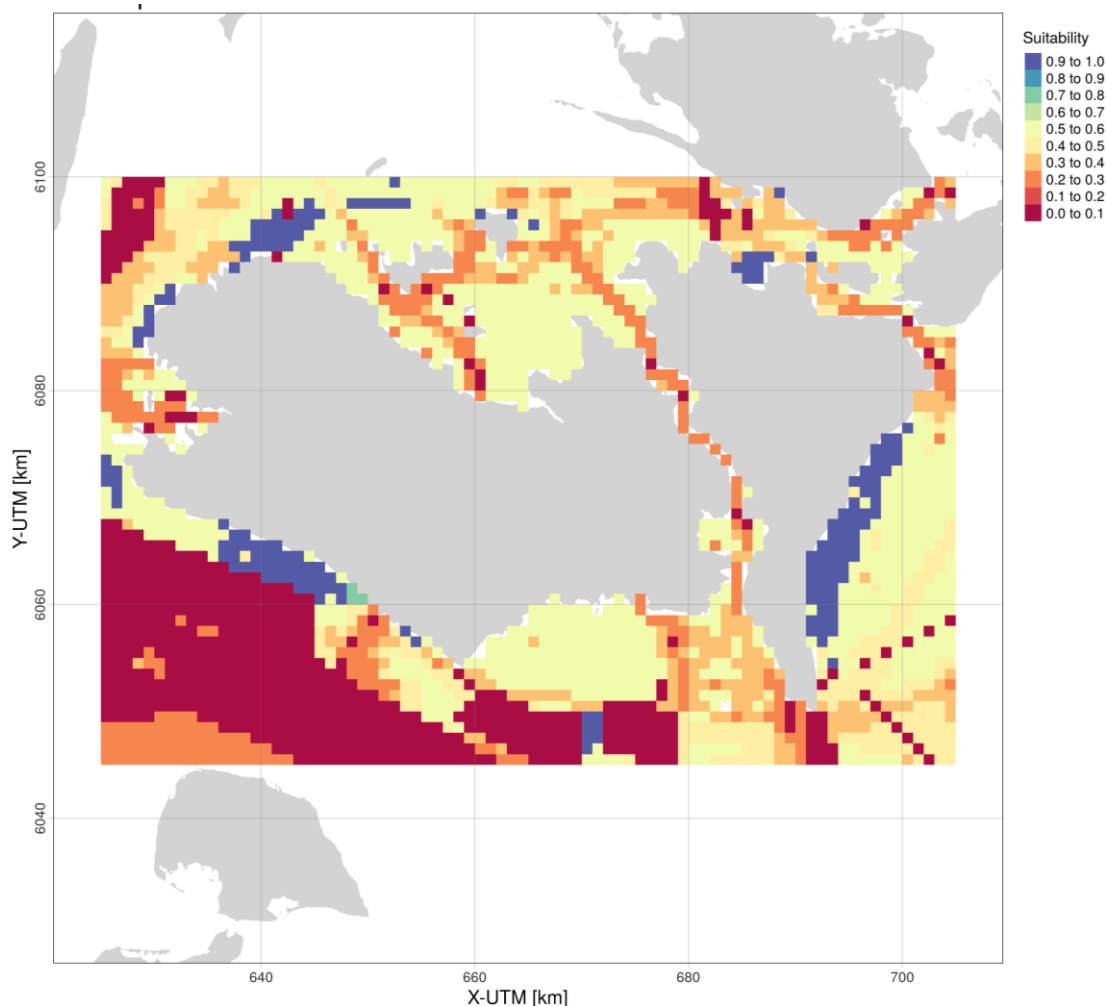
Figur 8 Virkemiddelpotentiale (%) for et standard muslinge anlæg med et areal på 18,8 ha. Kortet viser den relative (%) arealspecifikke N- og P-fjernelse ved høst i november. Kortet inkluderer ikke tabsprocesser, fødebegrensning samt anden anvendelse af havet og kan derfor ikke alene anvendes til placering af muslingeopdrætsanlæg eller danne grundlag for en beregning af det totale virkemiddelpotentiale (fra Det Marine Virkemiddelkatalog).

Vurderingen af muslinger som marint virkemiddel er bl.a. baseret på modelværktøj udviklet i forbindelse med projekterne Bonus-Optimus og Mumipro. Modelværktøjet MYTIGATE kan ud fra en række informationer der styrer blåmuslingers vækst (salinitet, temperatur, fødekonzentration, dybdeforhold og dyrkningsdybde) beregne muslingeproduktionen på et standardanlæg (Figur 9). Anlægget kan defineres i forhold til dybde af dyrkningsmedie og tætheden af dyrkningsmediene, og den totale produktionsmængde i en given måned kan beregnes. I programmet kan der endvidere identificeres områder, der er egnede til muslingeopdræt i forhold til en række konflikter med andre aktiviteter såsom sejlads, fiskeri, naturbeskyttelse, råstofindvinding, afstand til byer eller sommerhusområder mv. (Figur 10). Benyttes MYTIGATE-værktøjet til at se på potentialet for muslingeopdræt omkring Lolland-Falster, ser man at der i den vestlige del af området kan produceres op mod 1700 t muslinger i et muslingeopdræt, hvorimod der øst for Falster kun kan produceres op mod 1300 t muslinger per muslingeopdræt. Med værktøjet kan man ligeledes identificere de områder, der er bedst egnede til muslingeopdræt. Det ses, at der kan dyrkes muslinger på lokaliteter i hele området, men det står klart, at den højeste produktion opnås i den vestlige del af området.

MYTIGATE-modellen bygger på få målepunkter, og der er ingen målinger omkring Lolland-Falster. Københavns Universitet har ansøgt om EHF-midler til at undersøge blåmuslingernes vækst omkring Lolland-Falster. En sådan undersøgelse vil kunne forbedre vidensgrundlaget for placeringen af muslingeopdræt i området.



Figur 9 Modellering fra MYTIGATE. Modellen beregner muslingeproduktionen som funktion af en lang række biologiske og fysiske faktorer.



Figur 10 Modellering fra MYTIGATE. Områder der kan anvendes til muslingeopdræt kan identificeres ved at analysere på områdernes anvendelse til skibstrafik, fiskeri, naturbeskyttelse, mv.

## FORBEDRET BIODIVERSITET

Produktion af blåmuslinger bidrager til en øget biodiversitet på flere måder. Hvis vi ser på effekten i et vandområde, en fjord eller en vig, så fjerner muslingerne næringsstoffer og øger vandets klarhed. Begge disse effekter bidrager til at forbedre levevilkårene for havets planter, makroalger og havgræsser, såsom ålegræs. Disse planter er vigtige levesteder for en række andre arter, såsom forskellige former for fisk og f.eks. de græssende svaner. De dyrkede muslinger, hvad enten det er flydende opdræt eller bundkulturer, danner levested for en række arter, der finder skjul eller føde mellem muslingerne. Undersøgelser fra den vestlige del af Limfjorden har vist, at under et muslingeopdræt, hvor der var blevet tabt muslinger til bunden, blev der fundet en væsentligt højere biodiversitet end i et nærliggende referenceområde. Dette skyldes at muslingerne på bunden tilbød et levested for en række arter, og dermed blev biodiversiteten øget. Under muslingeopdræt vil der være et nedfald af fækalier fra muslingerne, og derfor vil man ofte opleve, at der umiddelbart under muslingeopdrættet er en meget lav biodiversitet, og en dominans af arter, der er tilpasset et liv på en bund der er stærkt påvirket af næringsstoffer fra muslingeopdrættet. Ved valg af lokalitet kan der derfor være en

fordel i at vælge en lokalitet med gode strømforhold, så nedfaldne muslinger overlever og kan bidrage til en høj biodiversitet på bunden (Figur 11).

Biodiversiteten i en muslingeproduktion er selvfølgelig påvirket af, at muslingerne regelmæssigt afhøstes, hvorved biodiversiteten nulstilles. I Vejle Fjord gennemføres der i disse år et projekt – Sund Vejle Fjord – hvor der dyrkes muslinger på langliner. Muslingerne lægges ved afhøstning ud i permanente bundkulturer, der ikke skal høstes. Både muslingerne på langlinerne og på bunden bidrager til klarere vand, via muslingernes filtration, og til en øget biodiversitet i Vejle Fjord.



Figur 11 Blåmuslinger under muslingeopdræt i Horsens Fjord. På muslingerne ses der rurer, strandkrabber, søanemoner og en række andre bundlevende organismer (Foto: Per Dolmer).

## BINDING AF KLIMAGASSER

Når blåmuslinger vokser, sker der en skaldannelse, hvorved CO<sub>2</sub> bindes og mineraliseres til calciumcarbonat (CaCO<sub>3</sub>). Cirka en tredjedel af muslingen består af skal, og ved produktion af 100.000 t muslinger, høstes der 33.000 t muslingeskaller med et indhold af calciumcarbonat, og der bindes ca. 3.300 t kulstof, svarende til 10.000 t CO<sub>2</sub>. Set i lyset af at Danmark årligt skal finde yderligere besparelser på 24 mio. t CO<sub>2</sub>, kan en stor muslingeproduktion kan bidrage med en forholdsvis beskedne mængde fra deponering af skaller.

Blåmuslinger er som fødevarer særdeles interessant i forhold til et ønske om at højne produktionen af fødevarer med et lavt klimaaftryk. CONCITO har i 2021 offentliggjort en oversigt over klimabelastningen fra forskellige fødevarer. Blåmuslinger ligger helt i bunden med en belastning på 0,22 CO<sub>2</sub>-ækvivalenter per kilo rå musling. Dette er samme belastning som for mineralvand, og ca. en tredjedel af belastningen fra æbler og ærter. Hvis vi sammenligner med andre marine proteiner, så er aftrykket 30 gange større for torskefilet og 45 gange større for en rå rødspætte. Hvis vi vil have en god bøf af en afpudset mørbrad, så er belastningen små 700 gange større end hvis valget var muslinger. Med andre ord kan vi lave en væsentlig klimabesparelse ved at ændre vores madvaner. En sådan ændring initieres ved oplysning, let adgang til de rigtige råvarer af en god kvalitet, og også gerne ved at inddrage borgerne i produktionen af deres egne muslinger i lokale havhaver.

## BIDRAG TIL BIOØKONOMIEN

En produktion af blåmuslinger omkring Lolland-Falster kan anvendes til fødevarer eller til foderproduktion. Hvis muslingerne er af høj kvalitet, vil den bedste pris kunne opnås på et fødevaremarked, hvorimod muslinger der ikke kan sælges som fødevarer kan afsættes som foderprodukt. Ved produktion af muslinger som marint virkemiddel til fjernelse af næringsstoffer vil producenter tilpasse produktionen, så den største mulige produktion af biomasse opnås. En høj biomasseproduktion vil medføre produktion af muslinger af en lav



kvalitet, og disse muslinger vil skulle anvendes til foderproduktion. Farvandet omkring Lolland-Falster er endvidere udfordret af at saltholdigheden er lav, således at muslingerne vil blive små og tyndskallede og derfor bedst egnede til foder. I den vestlige del af Lolland kan der være mulighed for produktion af blåmuslinger til fødevarer.

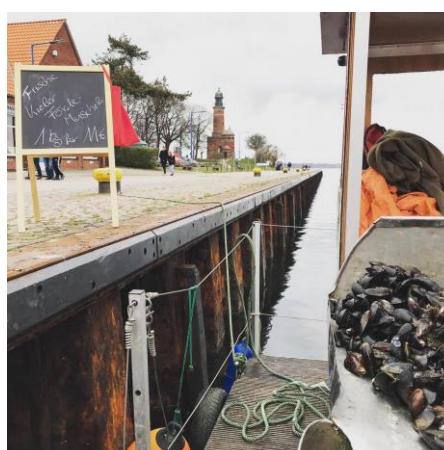
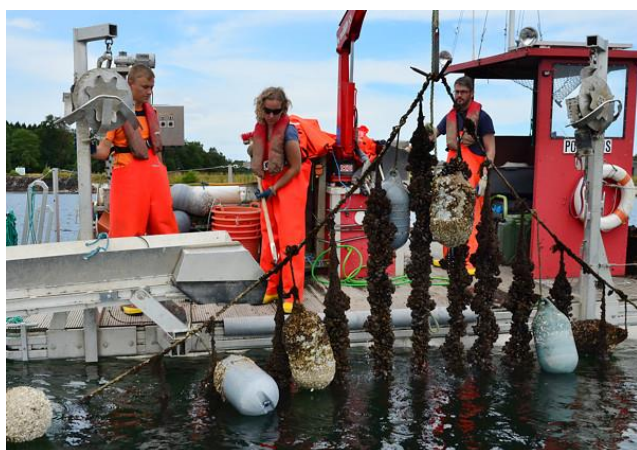
### **Muslinger til fødevarer**

Ved en produktion af blåmuslinger til fødevarer er der i dag tre forskellige markeder. Der er et marked, hvor muslingerne sælges uforarbejdede, og kunden selv tilbereder produktet. Dertil er der et convenience-marked, hvor der laves et produkt der kræver meget kort forarbejdning, ofte kun blot en opvarmning, og sidst en produktion hvor muslingerne koges og fryses eller laves til konserves.

I disse år sker der en markant udvikling i forhold til convenience-produkter, hvilket åbner for nye markedsmuligheder. Der er dels en øget efterspørgsel på nye smagsoplevelser og en gastronomisk nysgerrighed, hvor convenience-produkter kan hjælpe forbrugerne på vej. Her tænkes der både på nye produkter, men også på de tilbud som måltidskasser repræsenterer, og som f.eks. kan få danskerne til at spise andre marine produkter end sild, torsk og rødspætte.

I forhold til salg af ferske, uforarbejdede muslinger er der ligeledes forskellige forretningsmodeller, der er interessante. En mulighed er at producere muslinger af konsumkvalitet, dvs. muslinger på ca. 5 cm med højt kødindhold og gerne lyse i kødet, og dertil skal muslingerne have en flot skal. Muslingerne bliver rensset og solgt på et dansk eller europæisk marked.

En alternativ forretningsmodel kan være den model som Kieler Meeresfarm i Tyskland benytter (Figur 12). Virksomheden har en mindre produktion i Kiel, og de sælger direkte til lokale restauranter og kunder og springer dermed alle mellemlid over. Muslingerne kan ligeledes købes på virksomhedens hjemmeside til en pris på ca. 80 kr./kg. Forretningsmodellen er således at sælge et lokalt produkt og en lokal historie, hvor en høj pris muliggør en forholdsvis lille og arbejdskrævende produktion. Virksomheden har ligeledes en produktion af sukkertang og arbejder med at etablere en lille produktion af regnbueørred. Virksomheden deltager i en del forsknings- og udviklingsprojekter, der bidrager til virksomhedens samlede økonomi.



Figur 12 Kieler Meeresfarm i Tyskland har en mindre produktion af blåmuslinger, der sælges direkte til kunderne uden fordyrende mellemlid. Tv: Blåmuslingerne produceres på langliner ved en arbejdskrævende proces. Th: Muslingerne sælges direkte over kajen. Bemærk skiltet hvor prisen angives til 11 euro per kg (Foto fra Kieler Meeresfarm).

## **Muslinger til foder**

Blåmuslinger med en kvalitet der ikke gør dem egnede som fødevarer kan anvendes til foder. Blåmuslinger har et højt indhold af protein med samme aminosyresammensætning som fiskemel. Der er derfor igangsat forskellige udviklingsprojekter hvor blåmuslinger forarbejdes til et lagerstabilt melprodukt. To projekter, MUMIPRO og InProFeed, afsluttes i 2021, og begge projekter har afprøvet forskellige forarbejdningsteknikker. Generelt er den store udfordring at få adskilt skallerne fra kødet, og når denne adskillelse er opnået, skal muslingekødet tørres indtil fugtindholdet er ca. 10%.

Til adskillelse af muslingekød og skaller er følgende metoder afprøvet:

DTU Food har afprøvet en filterpresse, der er udviklet til presning af mask. Filterpressen har en kapacitet til at presse 1 t muslinger i timen. Investeringsomkostningen er 1,6 mio. kr. Der kan forventes et vist slid på maskinen ved forarbejdning af muslinger. Pilotforsøg har vist, at det kun er ca. 50% af proteinerne, der trækkes ud af muslingerne. Det er vurderingen, at denne ekstraktionsgrad kan øges betydeligt. Efter filterpresning skal proteinvæsken tørres, hvilket blev gjort ved en spraytørring. Der er ikke udarbejdet rapport over forsøget.

Der er gjort flere forsøg med en deboner, også kaldet en separator. Leroy Seafood i Norge og TripleNine har lavet forsøg med denne forarbejdningsteknologi, men der er ingen offentliggjorte informationer om resultater af pilotforsøgene.

Der er af flere omgange lavet forsøg med en skruepresse, hvor muslingerne kan deles i en skalfraktion og i en proteinrig væske som ved filterpressen. Ligesom for filterpressen er det vanskeligt at få en høj udnyttelse af muslingeråvaren, og meget af proteinet havner i skalfraktionen, der typisk vil blive anvendt som gødningsprodukt.

Ved produktionen af muslingekød til frost eller konserver sker dette ved en kogepoces, og en forsimplet udgave af denne proces kan også anvendes til at ekstrahere muslingekød til foderprodukt. Muslingerne adskilles på en declumper, således at muslingerne ikke danner klumper af sammenbundne individer. Declumpningen foregår på maskine, hvor en masse fingre arbejder mod hinanden, og dermed skånsomt adskiller muslingerne. Dernæst sker der en afbysning af muslingerne, hvor de byssus-tråde, som muslingerne fæster sig til underlaget med, fjernes. Herefter koges muslingerne kort tid under tryk, og muslingekødet adskilles fra skallerne på et rystebord. Ved en efterfølgende proces sikres det, at det producerede muslingekøb ikke indeholder skaldele. Til forskel fra en produktion af muslinger til fødevarer vil en produktion af muslinger til foder ikke omfatte en afbysning eller en efterkontrol af produktet, da byssus eller skalfraktioner ikke vil have betydning for et foderprodukt. Det færdige muslingekød kan herefter tørres til et melprodukt af høj kvalitet. Selve tørringen af muslingekødet er forholdsvis energikrævende og derfor omkostningstung. Fermentation Experts A/S arbejder derfor med et større projekt, hvor muslingekødet ikke tørres, men hvor muslingerne med væske indgår i en fermenteringsproces med plante proteiner. Ved denne produktionsmetode substitueres det vand, der normalt tilføres en fermenteringsproces, og fordi det ikke er nødvendigt at tørremuslingerne giver denne proces adgang til muslinger med en lavere produktionspris.

## **Omkostninger for produktion af muslinger til foder**

Mariagerfjord Kommune har fået foretaget beregninger for omkostningerne ved en produktion af blåmuslinger. Omkostningsberegningerne har været målrettet en produktion af blåmuslinger med henblik på at fjerne mest muligt kvælstof fra fjorden, og dermed kan muslingerne kun anvendes til et foderprodukt. I forhold til etablering af fem muslingeopdræt i Mariager Fjord som marint virkemiddel er der gennemført

beregninger af investerings- og driftsbudgetter for muslingeopdræt i fire nye scenarier. Produktionsforholdene i Mariager Fjord er bedre end ved den vestlige del af Lolland, og scenarierne kan derfor i et vist omfang være et underestimat af produktionsomkostningerne og dermed prisen for at fjerne næringsstoffer fra det marine miljø. Scenariet for en muslingeproduktion på langliner af en privat operatør er vist i Tabel 1. Beregningerne er beregnet med et investeringsafkast (ROI) på 7%. Der er opstillet budget for muslingeopdræt med henholdsvis lineopdræt og med Smart Farm-rør med privat operatør med fastsættelse af en ROI på 7%, samt de samme budgetter for et kommunalt driftsselskab, hvor ROI fastsættes til 0%. Scenariet for en muslingeproduktion på langliner af en privat operatør er vist i Tabel 1 og Tabel 2. Beregningerne er udført med henblik på et investeringsafkast (ROI) på 7%. Produktionen af muslinger opbygges gradvist over tre år hvor højeste produktion er 7.000 t muslinger svarende til en fjernelse af 91 t kvælstof. Alle producerede muslinger sælges til melproduktion til en pris på 80 øre/kg leveret, svarende til en nettobetaling på 70 øre/kg. Udgifter til leje af havneområder og kontor/mandskabsbygning samt 200 m<sup>2</sup> telthal er medtaget på baggrund af leverandører af pavillonløsning med mandskabsrum, kontorløsning, telthal, og ved leje af 2000 m<sup>2</sup> havneareal, herunder 50 m kajplads. Det samlede energiforbrug til drift af bygningerne er medtaget i denne budgetpost. Der er i forretningsmodellen valgt at leje bygningsmasse, idet det vurderes at denne løsning giver mest fleksibilitet i forhold til at justere kapacitet ift. personaleforbrug. Der er medtaget en budgetpost til køb af brændstof til fartøjer, materiale til vedligehold af anlæg, køb af arbejdstøj mv. Lønudgifter sættes til 350.000 kr./år for hver driftsmedarbejder. For funktionærer sættes den første ansatte til 500.000 kr. årligt og den anden til 300.000 kr. årligt.

Tabel 2 De økonomiske nøgletal, der danner grundlag for investerings- og driftsbudget for en 10-årig periode, hvor muslingeproduktionen bygges op over en treårig periode. De økonomiske nøgletal er angivet for en muslingeproduktion på langliner

	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 6	År 7	År 8	År 9	År 10
Pris for 100 liner (mio. kr.)	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Muslinge produktion per line (tons pr år)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Kg N per kg muslinger (%)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Antal medarbejder per 100 liner	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Lønninger for driftsmedarbejdere (mio. kr.)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Afskrivninger liner (år)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Afskrivninger maskiner (år)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salg af muslinger til foderproduktion (kr./kg.)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

Investering i bygninger (mio.kr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Investering i liner (mio. kr.)	4,8	4,8	2,4	0	0	0	0	0	0	0
Investering maskiner og fartøjer (mio. kr.)	4	1	3	1	1	1	1	2	1	1
Akkumuleret investering (mio. kr.)	8,80	14,60	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	26,00	27,00	28,00
rente	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Operatør 0 % ROI (mio.kr)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Operatør 7 % ROI (mio.kr)	0,6	1,0	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

Tabel 3 Driftsbudget for drift af fem muslingeopdræt med en samlet produktion på 7.000 t muslinger, svarende til en fjernelse af 91 t N årligt. Den samlede investering er på 28 mio. kr. (Tabel 1). Driftsbudgettet er for en kommerciel produktion med et investeringsafkast på 7 %.

Langline - Non konsum	År1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 6	År 7	År 8	År 9	År 10	SUM
Muslingeproduktion (ton pr år)	2.800	5.600	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	64.400
Personale til muslingeproduktion (antal)	3	6	8	8	8	8	8	8	8	8	
Salg af muslinger til foder (mio. kr.)	1,96	3,92	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	45,08
Samlet salgsindtægt (mio. kr.)	1,96	3,92	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	45,08
Lønninger driftspersonale (mio. kr.)	1,05	2,1	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	24,15
Lønninger funktionærer og administration (mio. kr.)	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	7,4
Leje af bygninger og havnefaciliteter el og vand	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	4
Drift- dieselolie, div materialer, arbejdstøj	1	1,3	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	13,3
EBITDA før honorera (mio. kr.)	-1,0	-0,4	0,6	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-3,77
Afskrivning af liner (mio. kr.)	0,5	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	11,04
Afskrivning af maskiner (mio. kr.)	0,8	1,0	1,6	1,8	2,0	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	13,6
EBIT (mio. kr.) før honorar	-2,3	-2,3	-2,2	-3,4	-3,6	-3,0	-3,0	-2,8	-2,8	-2,8	-28,4
Potentielt Fjernet kg N per år	36.400	72.800	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	837.200
Salg af N-kvoter (mio.kr.) ved aconto	2,2	4,4	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	51
Renteudgifter (1,5%) (mio. kr.)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	2,3
Skat af årets resultat (22% af overskuddet) (mio. kr.)	0,00	0,45	0,72	0,45	0,41	0,54	0,54	0,59	0,59	0,59	5
Året resultat (mill kr) non konsum ud fra aconto (mio.kr.)	-0,30	1,37	2,32	1,38	1,23	1,69	1,69	1,85	1,85	1,85	15

Den beregnede samlede fjernelse af N over en 10 års periode, samt prisen for virkemidlet er angivet i tabel 3 for privat operatør og for et kommunalt driftsselskab ved en produktion på langliner og på net i fem områder. Den samlede myndighedsbetaling for N-fjernelse er ligeledes beregnet.

Tabel 3. Fjernelse af N over en 10 års periode, samt pris for virkemidlet, den samlede myndighedsbetaling for N-fjernelse for muslingeopdræt på langliner eller Smart Farm-rør af henholdsvis privat operatør eller kommunalt driftsselskab. For privat operatør forudsættes en ROI på 7 % og for et kommunalt driftsselskab forudsættes en ROI på 0 %.

Produktionsform	N fjernelse over 10 års drift	Pris for virkemidlet	Betaling for fjernelse over 10 år
Privat operatør – langliner	837 t N	60 kr./kg N	50,5 mio. kr.
Privat operatør – Smart Farm	1.209 t N	76 kr./kg N	91,1 mio. kr.
Kommunal Driftsselskab – langliner	837 t N	38 kr./kg N	31,7 mio. kr.
Kommunalt driftsselskab – Smart Farm	1.209 t N	40 kr./kg N	47,6 mio. kr.

Samlet set kan det vurderes, at en industriel produktion af muslinger til foder ikke er rentabel i områder, hvor produktionsbetingelserne ikke er optimale. Produktionen forudsætter derfor en betaling for kvælstoffjernelsen på ca. 60 kr. per kg N, svarende til 80 øre per kg muslinger. En merudledning fra en produktion (landbrug eller landbaseret fiskeopdræt) på land på f.eks. 25 t N kan i princippet modregnes med en produktion på 1,5 mio. kr. årligt, hvis der laves en langtidsaftale, der sikrer muslingeproducenten en sikker investering.

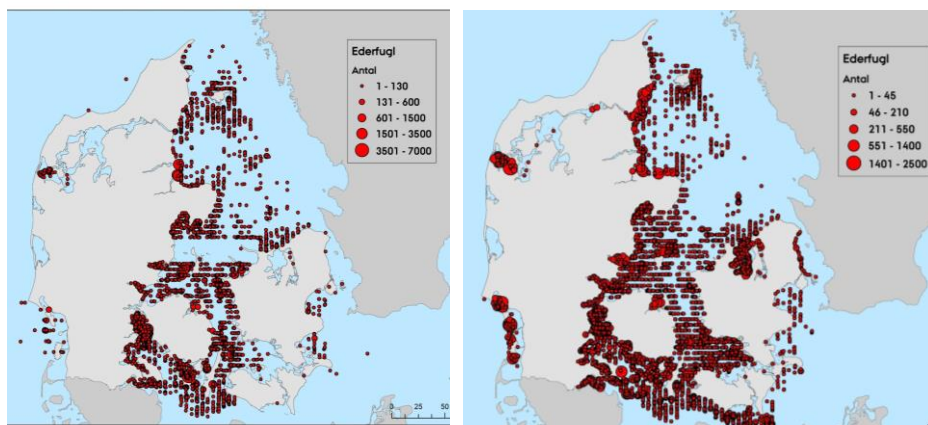
## ER TEKNOLOGIEN MODEN OG RAMMEBETINGELSERNE PÅ PLADS

Teknologien til muslingeproduktion er veludviklet for en række danske områder, men er dårligt testet i områder med lav salinitet. Inden der igangsættes en muslingeproduktion, vil det være hensigtsmæssigt at lave en vurdering af produktionspotentialen på den enkelte lokalitet. Der er flere faktorer der afgør om en lokalitet er egnet til muslingeproduktion. Produktionspotentialen er afhængigt af muslingebestandens vækst (skalvækst, vækst af kød). Denne vækst er afhængig af salinitet og fødegrundlag. Begge faktorer er beskrevet i et tidligere afsnit. Prædation af muslinger fra særligt edderfugle kan volde store tab. Forsøg på muslingeproduktion syd for Svendborg og i farvandet ved Horsens har medført store tab pga. prædation fra edderfugle. En enkelt edderfugl kan æde op mod 3 kg muslinger om dagen, og når muslingen rives af langlinen



eller dyrkningsnettet vil der ofte falde muslinger på bunden udover de muslinger edderfuglen æder. Samlet set kan en bestand af edderfugle hurtigt rydde et muslingeopdræt for muslinger. Der er udviklet teknikker til at holde edderfugle ude af muslingeopdræt med opsætning af net, men i forhold til en produktion af muslinger til foder vil opsætning af net være så fordyrende, at et muslingeopdræt ikke kan gøres til en rentabel forretning.

Kortlægningen af 2013 og 2016 (Figur 13) viser, at der er en forekomst af edderfugl omkring Lolland-Falster, og der skal gennemføres en nærmere vurdering af hvorvidt tætheden af denne forekomst kan forhindre dyrkning af muslinger.



Figur 13 Fordelingen af edderfugl ved fugletællinger i 2013 (tv) og i 2016 (th). Figurer er fra Novana.au.dk

Dyrkningen af muslinger på langliner er en kendt teknologi og der er gennemført en lang række forsøg med forskellige materialer og også succesfulde fuldskalaproduktioner. I forhold til dyrkning af muslinger på net er vidensgrundlaget mere mangelfuldt. Der er lavet enkelte forsøg med nettens maskestørrelser, og praksis med udtynning og afhøstninger er også undersøgt i et vist omfang. Der er stadig to store udfordringer med dyrkning på net der bliver holdt oppe i vandsøjlen af rør. Disse udfordringer omfatter anlæggenes visuelle påvirkning og problemer med drivende is. Da PE-rørene, der holder nettene flydende, har en konstant opdrift vil rørene være meget synlige når muslingerne er afhøstede og henover sommeren. Denne synlighed har skabt lokal modstand i Limfjorden fra grundejere, og dette er et forhold der skal være fokus på. En andet problem med rørene er, at de er sårbare over for drivende is. Med langlinerne er det muligt at undersænke produktionen ved at holde linerne nede med betonklodser, og dette er en veludviklet praksis. Ved risiko for isdannelse kan rørene kun undersænkes ved at disse vandfyldes, og således lægges ned på bunden. Dette vil give tab af muslinger og er endvidere særdeles arbejdskrævende. Virksomheden Wittrup Seafood A/S leder et GUDP-projekt, SUBMUSSEL, hvor muslingeproduktionen på net undersænkes, således at konflikter med synlighed og is undgås. Der forventes at være udviklet en læsning inden for 2 år.

### **Anvendelse af muslinger**

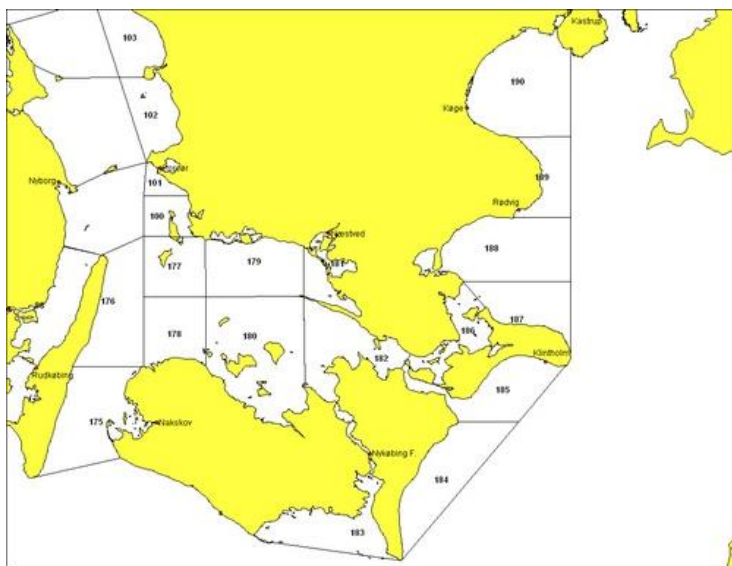
Ved anvendelse af muslinger til et foderprodukt er adskillelsen af skal og muslingekød en uløst proces. Adskillelse ved kogning er en kendt og velafprøvet teknologi, men det er energikrævende og derfor omkostningstungt. Den samlede omkostning kan reduceres ved at bruge overskudsvarme og ledig produktionskapacitet hos eksisterende virksomheder, hvor f.eks. brug af spildvarme fra sukkerfabrikker eller ledig dampkapacitet kan udnyttes til forarbejdning af muslinger. Ved at videreforarbejde muslingerne i en fermenteringsproces med planteproteiner kan en tørreproces spares, og ved en kogeprocess steriliseres muslingerne, hvilket gør dem egnede til en kontrolleret fermentering. Fermentation Experts A/S har ansøgt om

et GUDP-projekt med samfermentering af muslinger og plante proteiner, og et samarbejde med denne virksomhed vil kunne udvikle en hensigtsmæssig anvendelse af muslingerne til foder.

En opskalering af en forarbejdning af muslinger til foder vil forudsætte adgangen til store mængder muslinger. BONUS Projektet OPTIMUS har vist, at muslinger kan produceres effektivt på den tyske side af Østersøen ind til Rostock. Det betyder at en forarbejdningsfacilitet i Nykøbing eller i Nakskov vil kunne modtage muslinger fra tysk side via Femern-forbindelsen, via færgeforbindingen Rostock-Gedsers, med lastbil over Tårs fra de østjyske fjorde og via motorvejsnettet mod Sverige fra den svenske vestkyst. Udviklingen af et logistisk netværk med en forarbejdning med adskillelse af skal og kød, samt en fermenteringsproces er således en erhvervsmulighed på Lolland-Falster med et forholdsvis stort potentiale.

### **Det juridiske grundlag**

En muslingeproduktion er underlagt strenge krav til fødevarer sikkerhed. Der må således kun produceres og høstes fra områder der er udlagt af Fødevarestyrelsen til produktionsområder. I disse områder er der sikkerhed for, at producerede muslinger ikke indeholder uønskede stoffer såsom tungmetaller. Kun en kortere kyststrækning syd for Lolland er i dag ikke udpeget til produktionsområde (Figur 14). Fødevarestyrelsen kan anmodes om at udpege nye områder, der efter en prøvetagning vil kunne åbnes.



*Figur 14 Kort over produktionsområder hvor der må produceres muslinger omkring Lolland-Falster. Kun en kyststrækning syd for Lolland er ikke udpeget til produktionsområde. Fra Fødevarestyrelsens hjemmeside.*

Søfartsstyrelsen under Erhvervsministeriet har i marts måned 2021 sendt en Havplan i høring. Havplanen udgør et planlægningsværkstøj for marine områder i Danmark, og den skal sikre en hensigtsmæssig koordinering af en række forhold såsom transport, energiproduktion, akvakultur og naturbeskyttelse. I udkast til Havplan (Figur 15) kan det bemærkes, at der omkring Lolland-Falster ikke er udlagt områder til muslingeopdræt, herunder hverken områder til muslingeopdræt eller områder til bundkulturer. Ved en vedtagelse af Havplanen uden tilføjelse af områder til muslingeopdræt vil muslingeopdræt kun kunne tillades, hvis der laves et tillæg til Havplanen, hvilket vil medføre ekstra administration i forhold til høringer mv. Det kan således anbefales at der udarbejdes høringssvar til Søfartsstyrelsen, hvor der rejses ønske om udpegning af områder til muslingeopdræt i egnede områder omkring Lolland-Falster.

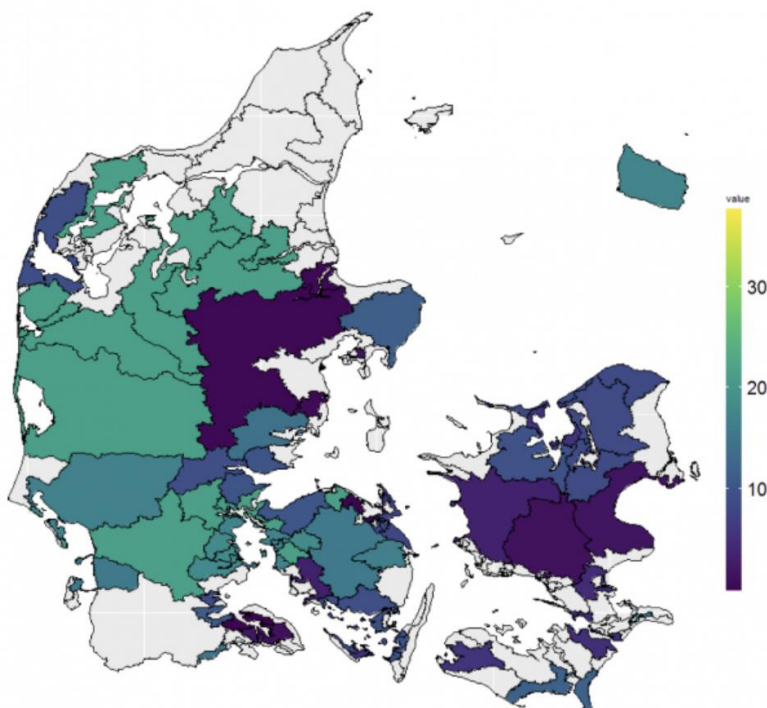


mål og har fortsat behov for at investere tid i stabil drift. Blå Biomasse A/S har været med i flere udviklingsprojekter bl.a. InProFeed. Virksomheden har ikke erfaringer med en permanent undersænkning af opdrætssystemer, herunder med dyrkning af muslinger på langliner.

Wittrup Seafood A/S er ejet af Brødrene Rasmus og Stig Wittrup, med en mindre andel af ejet af tredje person. Virksomheden har udviklet en virksomhed med muslingeopdræt, fartøjer der skraber muslinger og en forarbejdningsindustri. Wittrup Seafood har været med i en lang række F&U projekter. Virksomheden har kontrakt med Vejle Kommune ifm. projektet Sund Vejle Fjord, hvor der dyrkes muslinger på line der efterfølgende lægges ud for at genskabe de naturlige muslingebanker. Virksomheden har stor erfaring med muslingeopdræt og driver i dag en mangesidet forretning hvor bl.a. løsning af kontraktopgaver inden for habitatrestaurering er en voksende aktivitet. Virksomheden har erfaring med dyrkning af muslinger på undersænkede systemer, der således ikke giver problemer ved isdannelse eller har en negativ visuel påvirkning.

I Langør ved Nakskov Fjord er der kompetente erhvervsfiskere, der vil kunne indgå i en muslingeproduktion, og som har fartøjer der er egnede til muslingeproduktion på langliner. Inddragelse af disse fiskere i en forretningsudvikling, herunder ikke mindst deres vigtige lokalkendskab og deres fartøjskapacitet, vil være en afgørende faktor for hurtigt at kunne opbygge en muslingeproduktion.

Den videre proces i forretningsudviklingen omfatter en klarlægning af rammevilkår i forbindelse med vandplan, og derefter kan der udvikles en samarbejdsaftale med et eller begge firmaer.



Figur 16 Lækket kort over reduktionskrav i vandplan for 2022-2027. Reduktionskrav er angivet som kg N/ha.

### ***Fjernelse af næringsstoffer fra landbaseret fiskeopdræt.***

På Lolland-Falster arbejdes der med udvikling af to lokaliteter til landbaseret opdræt af laks i såkaldte recirkulerede lukkede systemer (RAS). I en RAS-produktion er der et indtag af saltvand, og fisken produceres i store betontanke, hvor saltvandet strømmer igennem. Alt vandet i tankene udskiftes ca. to gange i timen og renses med et mekanisk og et biologisk filter (nitrifikation), hvorefter der tilføres ilt og pH justeres. Der sker løbende en udledning af vand tilbage til havet. Dette vand renses yderligere med en denitrifikation, hvor langt hovedparten af kvælstoffet i produktionsvandet fjernes. Uden rensning vil der således blive udledt ca. 45 kg N per ton fisk der produceres, men med effektiv rensning kan udledningen inden for få år reduceres til ca. 2,5 kg N per ton produceret fisk. Det er således en produktionsform med en meget stor miljøeffektivitet. I forhold til havbrug er miljøeffektiviteten således ca. 20 gange større. Men RAS-produktionen udleder fortsat en lille mængde kvælstof, og denne mængde kvælstof kan fjernes med muslingeopdræt. Udviklingen af to projekter er igangsat til Business Lolland-Falster, i samarbejde med Skagen Salmon og Blue Research, og når rammerne for disse projekter er afklaret, kan en konkret handlingsplan for eventuel etablering af muslingeopdræt udvikles i samarbejde med de relevante aktører.

### ***Dyrkning af muslinger til konsum***

Der er hos danskerne en voksende interesse for at begrænse klimapåvirkningen gennem valg af fødevarer. Hos visse forbrugergrupper fravælges animalsk protein således, idet klimabelastningen fra disse produkter er forholdsvis høj i forhold til vegetabilsk producerede fødevarer. Analyser af muslingeproduktionens klimabelastning viser, at denne form for produktion af animalske proteiner har en klimabelastning, der er væsentlig lavere end produktionen af grøntsager. Der mangler således fokus på, at forbrugerne kan spise animalske proteiner i form af muslinger, og samtidig have en klimabelastning, der er lavere end ved indtagelse af en diæt udelukkende bestående af vegetabiliske fødevarer. Der er således mulighed for et målrettet salg af muslinger til fødevarer med fokus på produktets lave klimabelastning.

På en workshop om blå bioøkonomi arrangeret af Bioøkonomisk Vækstcenter i foråret 2021 var et af de synspunkter, der blev fremført, at klimamad er den mad med lavt klimaaftryk, som et stort flertal af danskerne spiser. Det kan således ikke betragtes som klimamad, hvis der kun er et meget snævert segment, der spiser en given fødevarer. Hvis muslinger skal markedsføres som en sund og klimavenlig fødevarer må målet være at lave en fødevarer, som appellerer til en bred befolkningsgruppe. Løsningen her kan være at lave nye convenience-produkter, eller anvende muslingerne som proteinkilde i eksisterende produkter.

Der findes en række gode restauranter på Lolland-Falster der har fokus på lokale råvarer. Hvis muslingerne skal gøres til et lokalt produkt, er disse restauranter vigtige samarbejdspartnere, idet restauranterne vil være en vigtig platform i markedsføringsøjemed.

### ***Industriel produktion af muslinger til foder***

Der har de sidste 5-8 år været fokus på brug af muslinger til foder i landbrugsproduktionen. Muslinger har et højt proteinindhold og samme aminosyresammensætning som fiskemel, og de er derfor egnede som foderingrediens. For at muslinger kan afsættes som foderingrediens skal prisen være sammenlignelig med prisen for fiskemel, dog med en lille ekstrapris op 10-15% pga. værdien af bæredygtighed i produktionen. Prisen for fiskemel er ca. \$1500 per ton, svarende til 9400 DKK per ton. Forarbejdningen af muslinger giver normalt et lavt udbytte på ca. 10-15%, og der kan således kun betales en meget lav pris for muslingerne (700-1000 kr./t muslinger). To forhold vil kunne fremme en industriel produktion af muslinger og forarbejdning af disse til foderingrediens:



1. Betalingsmodel for muslingeproduktion som marint virkemiddel
2. Adgang til billig energi til forarbejdning. Muslingerne skal afskalles og tørres, hvilket forudsætter adgang til billig energi. European Proteins arbejder med udvikling af fermenteringsmetode, hvor muslingerne indgår. Muslingerne afskalles, men tørres ikke. Den væske der indeholdes i muslingerne, erstatter den væske, der normalt tilføjes ved en fermenteringsproces, og dermed spares der energi til tørring. Der opnås et foder med et højt proteinindhold og fermenteringsprocessen sikrer en høj fordøjelighed.

Muslinger der dyrkes i områder med lav saltholdighed er mere tyndskallede, og der kan muligvis laves nye produkter, hvor skallerne bibeholdes i produktet.

I forbindelse med BLF's projekt Vand i Balance arbejdes der med udvikling af en blå akvakulturløkke. Med henvisning til Green Center i Skive vil det kunne understøtte etableringen af en forarbejdningsindustri af industrielt producerede muslinger. Green Lab har fået godkendt en sektorkobling, således at energi produceret i en sektor kan anvendes i en anden sektor, uden at der bliver pålagt energifgift. Etableringen af en løkke med adgang til biogas eller vindenergi, vil således kunne muliggøre nye metoder til forarbejdning af muslinger.

### ***Forbedring af badevandskvalitet og fjernelse af mikroplastik***

Der har de senere år været stigende fokus på betydningen af urensset spildevand i forbindelse med overløb fra rensningsanlæg ved kraftige regnskyl. Aarhus Kommune har i samarbejde med WSP og COWI udført et forsøg, der undersøgte hvorvidt muslinger kan rense vandet for bakterier og mikroalger i Aarhus Havn. Kommunen er udfordret af dårlig badevandskvalitet i forbindelse med regnvejrshændelser og overløb fra rensningsanlæg, der løber ud i Aarhus Å. Da Aarhus Å har udløb inderst i havnen, medfører overløb høje koncentrationer af bakterier fra urensset spildevand i havnen, hvor der er etableret et havnebad og er forskellige vandsportsaktiviteter.

I forsøget blev fire flåder på 5x5 meter med muslinger placeret, så muslingerne kunne filtrere langs en gradient af saltholdigheder og fødekonzentration inde fra bunden af havnen, hvor Aarhus Å udløber, og hvor bakteriekonzentrationen derfor er størst. Den yderste målestation med muslingeramme blev placeret ude ved Aarhus Havbane uden for havnen, der repræsenterer upåvirkede forhold sammenlignet med Aarhus Å. Undersøgelserne viste, at muslingerne var i stand til at reducere bakteriekonzentrationen af E. coli og mikroalgekonzentrationen. Resultaterne viste, at muslingeopdræt kan være en prisbillig metode til at reducere forekomsten af humane bakterier i badevand for områder, der f.eks. er påvirket af overløb fra rensningsanlæg eller diffus udledning af spildevand. I forsøget i Aarhus Havn blev muslingernes kapacitet til at reducere forekomsten af vira i badevand ikke undersøgt. I det omfang vira er bundet til partikler, kan disse optages af muslingerne og enten ophobes i muslingerne eller eksporteres til bunden med muslingernes fækalier.

Der har de senere år været meget fokus på forekomsten af mikroplastik i det marine miljø. Der er flere kilder til mikroplastik. Større stykker plastik kan med tiden disintegrere og forme mikroplastik. Mikrogummi fra dækslid udgør over halvdelen af al udledning af mikroplast, og regnvand bliver derfor den største kilde til mikroplastforurening. Undersøgelser af mikroplastbelastningen fra danske rensningsanlæg viser, at tilbageholdelsen for mikroplast i rensningsanlæg ligger på op til over 99%. Opmærksomheden bør derfor rettes mod mikroplastudledningen fra de regnvandsbetingede udløb, da mikroplast her ledes direkte ud i vandmiljøet uden om rensningsanlæg.

Muslinger, der anvendes til rensning af badevand i forbindelse med overløb af rensningsanlæg eller ved rensning for mikroplastik bør ikke anvendes til foder eller fødevarer. Der kan således være en vigtig

kommunikativ opgave i at fortælle borgerne, at muslinger der bruges til vandrensning ikke kan anvendes til foder eller fødevarer, således at blåmuslinger som en vigtig proteinkilde ikke får et dårligt renommé. Ligeledes skal det kommunikeres, at muslingerne bruges til energi og gødning i en cirkulær økonomi, hvor vigtige næringsstoffer bringes tilbage på land, hvor de kan gøre gavn.

I forhold til at afsøge muligheden for at anvende muslinger til vandrensning, og dermed skabe en ny forretningsmulighed, kan der rettes kontakt til Guldborgsund og Lolland kommuners tekniske forvaltning.

## KAN DER SKE BORGERINDDRAGELSE - HAVHAVER

Borgere kan ikke umiddelbart inddrages i en kommerciel muslingeproduktion, da produktionen kræver anvendelse af tungt grej og indebærer processer der kræver et professionelt håndlag. Borgere kan dog inddrages i muslingeproduktionen gennem havhaver, såsom den havhave der etableres i Stubbekøbing. Havhaverne er meget relevante i forhold til kommunikation. Vi skal dog være opmærksomme på, at havhaverne kan være kontraproduktive for en kommerciel muslingeproduktion, hvis budskabet med havhaverne bliver, at alle borgere kan producere deres egne muslinger, og at store produktionsenheder medfører skader på havmiljøet. I en typisk havhave er produktionen forholdsvis lav, og der er ikke kontrol af fødevarerens sikkerheden. Havhaverne er altså kun et vigtigt kommunikationsgreb og ikke et produktionselement i en bæredygtig udvikling.



*Figur 17 Muslinger på opdrætsmedie i Stubbekøbing Havhave*

## HVORDAN FINANSIERES DEN VIDERE UDVIKLING

Københavns Universitet har i marts 2021 ansøgt om et EHFF-projekt, der udvikler muslingeopdræt som et virkemiddel i forhold til en landbaseret fiskeproduktion. Projektet indeholder en omfattende dokumentation af miljøeffekterne af muslingeopdræt på flere forskellige fjordtyper, samt en udvikling af muslingeopdræt målrettet næringsstoffjernelse fra konkrete landbaserede fiskeopdræt. Der indgår i projektet en arbejdsplan, hvormed Københavns Universitet i samarbejde med Business Lolland-Falster skal kortlægge potentialet for muslingeopdræt omkring Lolland-Falster. Der vil i projektet blive udhængt liner hvorpå muslingeopdrættet måles. Undersøgelserne vil indsamle viden om potentialet for muslingeopdræt og sammenligne disse med de matematiske modeller, der på nuværende tidspunkt danner grundlag for vurderingen af produktionspotentialet af muslinger.

Der er den 18. marts 2021 indgået politisk forlig om "Aftale om Hav-, Fiskeri- og Akvakulturprogrammet 2021-2023". Aftalen har fokus på omstillingen af det danske fiskeri- og akvakulturerhverv i forhold til at afprøve grønne teknologier og reducere CO<sub>2</sub>-udledningerne med 70%. Der er i aftalen bl.a. fokus på udviklings- og demonstrationsprogrammer til maritime klimaløsninger og forsøgsordninger med el eller nye brændstoffer. Aftaleparterne er enige om 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 de 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 under puljen til grøn omstilling af akvakultursektoren støtte til udvikling af lavtrofisk akvakultur, herunder udvikling af skaldyrsopdræt til f.eks. muslinger og østers.

EU har en række ordninger med fokus på udvikling og demonstration. I forhold til at opbygge en kapacitet til at producere muslinger i et netværk i den vestlige Østersø, og lave en forarbejdning af muslingerne til foder på Lolland-Falster skal her nævnes særligt én ordning. Den Europæiske Hav- og Fiskerifond (EMFF) støtter med programmet Blue Economy Window (EMFF-BEW-2020) implementeringen af målene for den fælles fiskeripolitik (FFP) og den integrerede havpolitik (IMP), væksten i en bæredygtig blå økonomi samt Den Europæiske Unions internationale forpligtelser inden for havområdet styring. Dette program understøtter udviklingen af nye produkter, tjenester, forretningsmodeller og processer inden for værdikæderne i den blå økonomi. For eksempel kan aktiviteter dække forsøg, prototyper, validering, demonstration og testning under reelle miljøforhold og replikering af markedet. Projekter skal være tæt på markedet med et teknologiredekniveau (TRL) mellem 6 og 8. Projekter støttes gennem en 70% samfinansieringsstruktur. Generelt ligger det forventede bidrag, der ansøges om mellem 700.000 € og 2.500.000 €. Ordningen kan kun søges af SME-virksomheder. Kommissionen har inden for denne ordning efterlyst projekter fra Østersøområdet.

EU-programmet REACT administreres i Danmark af Erhvervsfremmestyrelsen. Programmet vil have korte ansøgningsfrister på 3-5 ugers frist. Der er afsat 600 mio. kr. til virksomheder til investeringsstøtte, iværksætter og grøn omstilling.



## HVAD ER DEN VIDERE PLAN OG HVEM ER SAMARBEJDSPARTNERNE

Produkt	Produkt	Partnere	Prioritet/tidsplan
Marint virkemiddel i forhold til vandplan	I Nakskov Fjord og i Grønsund vil landbruget blive mødt af en reduktion af udledning af N, og dette kan iværksættes med muslingeopdræt.	Erhvervsfiskere i Langø; Havbrugerne i Grønsund; Erfaren muslingeopdrætter; Landbrugsorganisation	Afventer vandplan. Der skal gives høringsvar om havplan i forhold til at afsætte plads til muslingeopdræt.
Marint virkemiddel i forhold til landbaseret fiskeopdræt	Landbaseret fiskeopdræt medfører en mindre udledning af N og P. Produktion af 5000 t laks udleder ca. 25 t N, svarende til en produktion på 2000 t muslinger. Denne produktion kræver 1-2 muslinge anlæg, hvis produktionen placeres i den vestlige del af Lolland, og 2-3 anlæg, hvis produktionen etableres omkring Falster. Den årlige pris for virkemidlet vil være 2-3 mio. kr. per 5000 t produktion af laksefisk.	Erfaren muslingeopdrætter; Virksomhed med landbaseret fiskeopdræt.	Der arbejdes på at finde løsninger på N-kvotet til udledning fra landbaseret fiskeopdræt. Der kan forventes en afklaring af behov for marine virkemidler i løbet af 2022. Der skal gives høringsvar om havplan i forhold til at afsætte plads til muslingeopdræt.
Industriel produktion af muslinger til fødevarer/foder	Industriel produktion af muslinger til konsum eller foder kan have et potentiale i den vestligste del af Lolland, herunder Langelandsbælt. Der er en stor efterspørgsel på marine proteiner. Metoden til anvendelse af muslinger til foder er ikke færdigudviklet. Der vil kunne laves convenience-produkter af muslingerne.	Erfaren muslingeopdrætter; Fødevarerproducent; Foderproducent.	Metoden til anvendelse af muslinger til foder er ikke færdigudviklet. Der forventes en løsning inden for 1-2 år. Agri-Aqua Innovation Denmark har studietur den 15. September 2021, hvor værdikæde med muslinge produktion-fermentering-produktion af fiskefoder undersøges nærmere
Fødevarerproduktion med lokal branding	Med inspiration fra muslingeopdræt i Kiel kan der etableres muslingeopdræt, der i afgrænset sæson leverer muslinger til lokale restauranter, og på lokaliteter med høj turisttæthed (Marienlyst, Lalandia). Muslingeopdræt kan være en platform for nye turistoplevelser.	Fiskerne i Langø; Virksomheder med fisketurisme i Onsevig; Erfaren muslingeopdrætter; Der kan indgås partnerskabsaftaler med relevante kunder om køb af muslinger og om udvikling af turisme ifm. muslingeopdræt.	Virksomhed vil kunne etableres umiddelbart efter der åbnes for nye tilladelser til muslingeopdræt.  Der skal gives høringsvar om havplan i forhold til at afsætte plads til muslingeopdræt

## MAKROALGER SOM MARINT VIRKEMIDDEL

### MAKROALGERNES BIOLOGI

Makroalger er de marine planter som også kaldes tang. Makroalger vokser ved vandoverfladen og ned til ca. 30 meters dybde i danske farvande, alt efter havvandets klarhed og dermed hvor langt ned sollyset kan trænge. De fleste makroalger forekommer oftest marint og mange af arterne skal have et stabilt underlag for at kunne leve. Vandets saltholdighed spiller en vigtig rolle for udbredelsen af mange af arterne, og mange af arterne finder vi ikke omkring Lolland-Falster. Makroalger spiller en vigtig rolle i økosystemet, da de både bidrager med ilt til havbunden igennem fotosyntese, binding af store mængder kulstof og derudover udgør vigtige habitater. Mange fiske kan gemme og beskytte sig i makroalgerne, de kan finde føde her, og de kan bruge tangskoven til at yngle.

Omkring Lolland-Falster er der særligt fire arter, der kan have en kommerciel værdi enten til fjernelse af næringsstoffer, til binding af CO<sub>2</sub>, til at fremme biodiversitet, eller som råstof til bioøkonomi. Af de fire arter (sukkertang, blæretang, gaffeltang og søsalat) er det dog kun sukkertang, der kan dyrkes og derfor indgår i virkemiddelkataloget. De andre arter kan fiskes eller indsamles fra vilde bestande, og disse kan derfor ikke betragtes som et marint virkemiddel, om end den økologiske effekt er den samme.

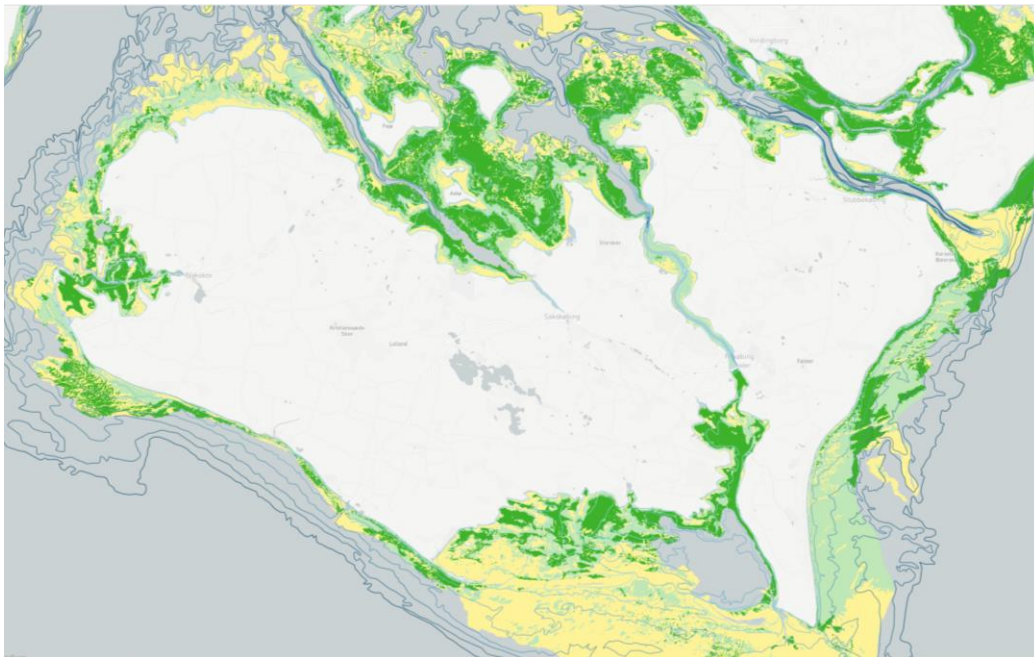
Aarhus Universitet har lavet en historisk analyse af udbredelsen af makroalger i danske kystområder (Link), og omkring Lolland-Falster er fordelingen af de tre arter (blæretang, sukkertang og søsalat) vist i Tabel 4. De historiske observationer er fra 1889 til 1989, og omfatter således perioder, hvor der ikke har været en væsentlig effekt af eutrofiering eller effekter fra f.eks. trawlfiskerier. Det ses at specielt blæretang har en stor udbredelse, og at pågældende makroalger ses hyppigst i den vestlige del af området.

*Tabel 4 Udbredelsen af blæretang, sukkertang og søsalat i farvandene omkring Lolland-Falster. Data er fra historisk analyse af data fra perioden fra før 1889 til 1989.*

	Blæretang	Sukkertang	Søsalat
Femern Bælt	1	1	0
Femern 12 sm	0	2	0
Grønsund	3	0	0
Guldborgsund	2	0	1
Hjelm Bugt	4	1	0
Langelandssund	8	0	1
Nakskov Fjord	4	0	0
Rødsand	2	0	0
Smålandsfarvandet syd	1	0	0
Smålandsfarvandet åbne del	2	0	0

DHI har på baggrund af satellitbilleder fra 2018 kortlagt udbredelsen af havgræsser og makroalger. Baseret på avanceret billedbehandling og machine learning er optiske satellitbilleder blevet brugt til at lave et nationalt kort i 10 meters opløsning over den kystnære undervandsvegetation. Analysen omfatter udbredelsen ned til 4

- 10 meters dybde (Figur 18). Ud fra kortlægningen er det ikke muligt at skelne mellem de forskellige arter, hvilket forudsætter besøg på de forskellige områder.



Figur 18 Udbredelsen af havgræsser og makroalger omkring Lolland- Falster. Den gule farve indikerer forekomst af sand, den lysegrønne indikerer spredt forekomst af vegetation, og den mørkegrønne farve indikerer tæt vegetation (udarbejdet af DHI-finansieret af Villum-Velux Fondene – [Link til kort](#)).

Miljømyndighedernes overvågning af makroalger har kun ganske få stationer i området, og disse kan således ikke bruges til at få en verificering og artsbestemmelse af den vegetation, der er identificeret i analyserne. GEUS giver for tre Natura 2000-områder adgang til undervandsbilleder og video, der lokalt kan give et indtryk af havbundens struktur. Billedmaterialet er fra 2014 og af en meget variabel kvalitet ([LINK](#)). Umiddelbart kan det dog anbefales at lave en supplerende kortlægning inden der f.eks. igangsættes indsamling og høst af makroalger.

## DYRKNING AF SUKKERTANG

Sukkertang (*Saccharina latissima*) er en brunalge, der vokser (Figur 19). Tangplanten har et højt indhold af sukkerstoffet manitol, der kan udgøre op til 25% af biomassen.



Figur 19 Opskyl af sukkertang i Hjelm Bugt i marts måned (Foto: Per Dolmer).

Sukkertangen kan dyrkes, og der er etableret enkelte dyrkningsanlæg i danske farvande. Disse anlæg har dels været del af forskningsprojekter, og ét anlæg har haft til formål at etablere en kommerciel produktion. Ved en dyrkning af sukkertang skal der etableres sporeliner, der kan udhænges i havet, hvor planterne vokser i vinterperioden, og tangen skal høstes i det sene forår, inden andre arter etablerer sig på planterne og forringer kvaliteten. Sporelinerne produceres i et klækkeri. En mulig metode er at indsamle planter, der manipuleres med lys, hvorved deres kønsprodukter modnes og frigives. Sporerne opsamles på liner, der efter vækstperioden i klækkeriet kan udhænges i dyrkningssystemet i havet. Efter sporing holdes sporeplanterne typisk 6-8 uger, hvorefter den første vækst sker og sporelinerne udsættes i havet.

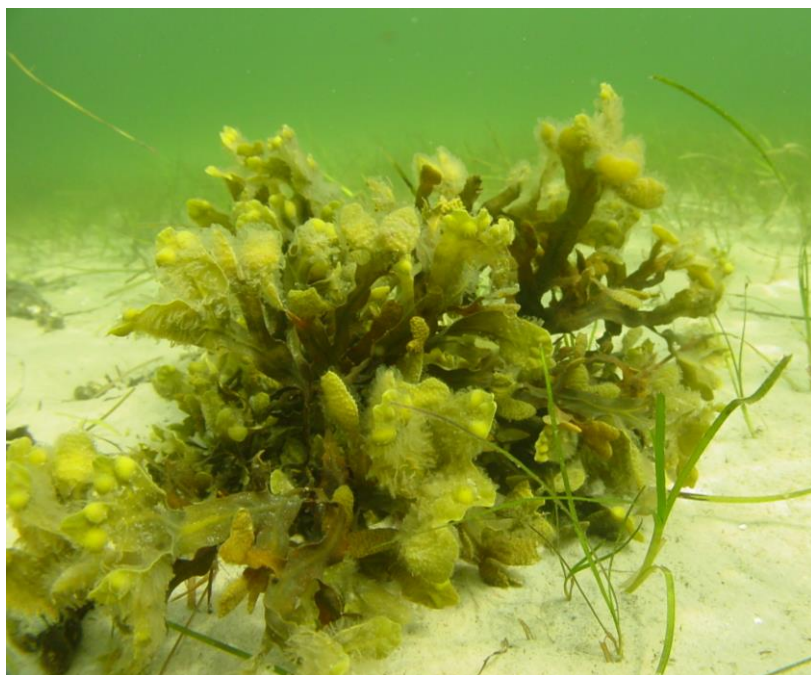
Produktionsformen er tidskrævende i klækkeriet, og ved høst er det ligeledes tidskrævende at høste de mange liner med biomasse. Ligesom for muslingeproduktionen er der derfor lavet forsøg med dyrkning på net, hvor sporerne båret af en klistret væske sprøjtes direkte på nettet og dermed bindes på nettet. Ligeledes er der lavet test af en metode, hvor nettet dyppes kort tid i en suppe med sporer, der hæfter sig til overfladen i nettet. En industriel produktion af sukkertang på net er ikke moden, hverken i forhold til etablering af sporeplanter på net eller i forhold til udvikling af høstteknologi, der kan håndtere de tunge net, når sukkertangen skal høstes i det sene forår.

## FISKERI OG HØST AF MAKROALGER

Høst og fiskeri af ikke-dyrkede makroalger er ikke et marint virkemiddel. Forekomsten af flerårige makroalger er et biologisk kvalitetselement i Vandrammedirektivet og derfor vil høst af naturlige forekomster af flerårige alger ikke have en habitatforbedrende effekt og dermed ikke bidrage til en forbedret økologisk tilstand. Fiskeri og høst af makroalger er således kun interessant i forhold til at fremme en bioøkonomi, men fiskeriet og høsten kan være i en modsætning til målet om binding af kulstof og fremme af biodiversitet.

Blæretang (Figur 20) er som sukkertang også en brunalge. Arten vokser på lavere vanddybde, og kan opnå en størrelse på op til en meter. Algen holdes oprejst i vandsøjlen med små blærer, der sidder øverst del af planten. Blæretang kan ikke dyrkes kommercielt og derfor kan denne art kun produceres ved høst, hvor skud klippes af planter i lavvandede områder. Flere virksomheder høster blæretang, og der er udviklet en økologisk certificering af det høstede produkt for flere producenter. Blæretang anvendes til helseprodukter, kosmetik og til fødevarer. Blæretang forekommer ved lave saltholdigheder og forekommer langt op i Østersøen, og således også overalt omkring Lolland-Falster, hvor der er substrat til fasthæftelse, som sten eller molekonstruktioner. For at få certificeret et område til økologisk høst af blæretang - eller andre tangarter - kan Kystdirektoratet ansøges, idet der dermed kan gives tilladelse til afmærkning af det ansøgte

produktionsområde (LINK). EU har vedtaget en forordning om tangproduktion, der omfatter både dyrkning og tanghøst (LINK).



Figur 20 Blæretang vokser overalt omkring Lolland-Falster hvor der er substrat at hæfte sig til (Foto: Per Dolmer).

Søsalat (*Ulva* sp.) forekommer også overalt i de danske kystvande, og kan lokalt opbygge tætte bestande. I sommerperioden kan der således ofte ses masseforekomster af søsalat, hvilket kan medføre direkte gener i forhold til bortskydning af andre planter, højt iltforbrug ved henfald, og store lugtgener, når søsalaten skyller ind på kysten og rådner. Århus Universitet har lavet forsøg med opfiskning af søsalat, og der er ved at blive udviklet metoder til anvendelse af søsalaten i bl.a. foderprodukter. Der er i 2017-2019 gennemført registreringer af biomassen af søsalat i en lang række lavsaline og lavvandede områder (LINK). Der er her fundet biomassetætheder på i gennemsnit 13,4 t våd biomasse per hektar i sommerperioden, med den højeste måling på 28,0 tons våd biomasse svarende til næsten 3 kg/m<sup>2</sup>. Tørstofindholdet af den opsamlede søsalat var  $16,7 \pm 2,9$  % TS af den våde biomasse, N-indholdet var  $2,3 \pm 1,3$  % N af TS. Det svarer til at proteinindholdet af den våde biomasse er godt 2 %.

Høstet 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. Som for blæretang vil det være muligt at gennemføre en økologisk certificering. I forbindelse med GUDP-projektet SEASUS arbejdes der med at udvikle et fiskeri og en forarbejdning af søsalat.

Gaffeltang (*Furcellaria lumbricalis*) har tidligere været en del af dansk industri. Arten forekommer i to varianter, en type der fasthæfter sig til underlaget, og en type der ikke er fasthæftet. I Danmark blev arten fisket i Kattegat og ved Nysted i perioden fra 1940'erne til 1960'erne og udnyttet til agar.

Randers Amtsavis har i 2020 skrevet historien om den danske agarproduktion (link). Her skrives der bl.a.:

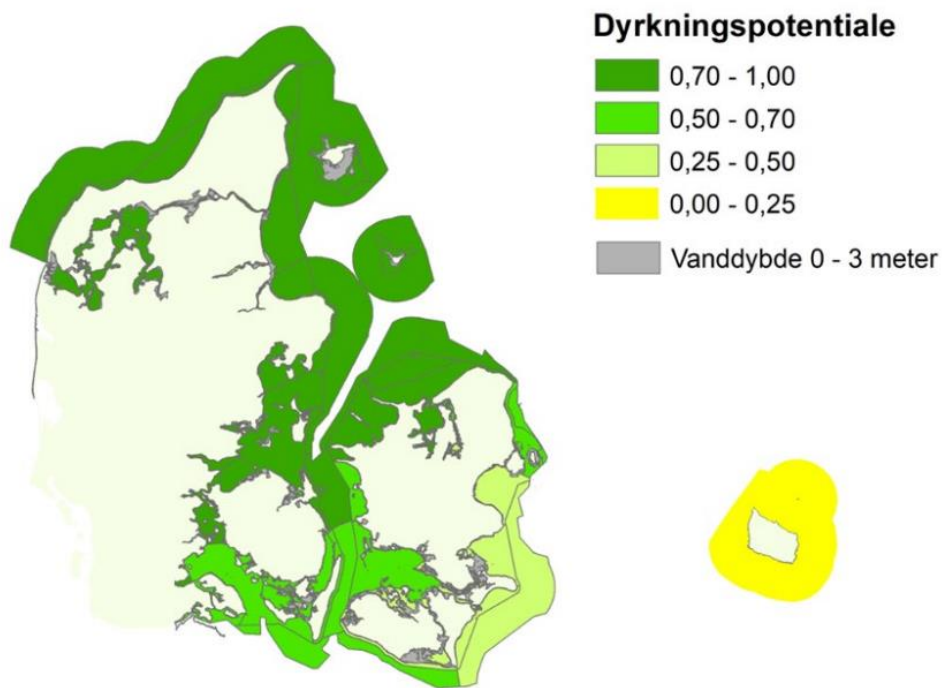


*I de første år af 40'erne fandt nogle danskere ud af, at der muligvis var en slags rødalger i de danske farvande, som kunne bruges til agar. Da man i 1942 havde finkæmmet de danske kyster, viste det sig, at der ved Djurslands nordkyst fandtes den rigtige type alger. Året efter begyndte produktionen, og i løbet af kort tid skød i alt 10 fabrikker op i Danmark. Priserne steg voldsomt i disse år, da efterspørgslen var enorm, og prisen lå på sit højeste, da den nåede 100 kroner for et kilo agar. Den store efterspørgsel fik konsekvenser for kvaliteten, og 6. juni 1950 fik hele agar-eventyret en brat ende, da priserne styrtdykkede til 10 kroner pr. kilo. Samtidig blev der igen åbnet for importen, og det resulterede i, at tre af de 10 fabrikker måtte dreje nøglen om.*

*De tre resterende havde store problemer med eksporten i de følgende år, da dansk agar nu havde et temmeligt dårligt ry i udlandet. I 1958 havde industrien dog fået vendt udviklingen, og firmaet Skandinavisk Agar Industri I/S, som havde hovedsæde i København og en lille fabrik i Vejle, havde nu mod på at etablere en stor moderne fabrik i Randers.*

## PRODUKTIVITETEN AF MAKROALGER OMKRING LOLLAND-FALSTER

DTU Aqua har udarbejdet en rapport, der analyserer de forskellige marine virkemidlers potentialer og barrierer i forskellige vandområder ([link](#)). For dyrkning af sukkertang som marint virkemiddel er der lavet en foreløbig modellering af potentialet for virkemidlets udbredelse. Saltholdighed er den primære faktor for produktion af sukkertang. Når saltholdigheden kommer under 16 PSU vurderes det at væksten er reduceret til under 50% af den optimale produktion. Af andre fysiske forhold kan nævnes at vanddybden skal være større en 3 m, og at øget klarhed af vandet og dermed stor lysgennemtrængning øger produktionen. Endelig skal tangplanterne have god adgang til næringsstoffer. På baggrund af saliniteten er der lavet en vurdering af produktionspotentialet i de forskellige danske vandområder (Figur 21). Det bemærkes at produktionspotentialet i Smålandsfarvandet, Langelandsbælt og i Femern Bælt er 50-70% af de optimale produktionsbetingelser, hvorimod det kun er 25-50% i farvandet øst for Falster.



Figur 21 Produktionspotentialet for sukkertang i danske farvandsområder. Produktionspotentialet er modelleret på baggrund af salinitet (kilde?)

#### ANALYSE I VIRKEMIDDELKATALOG - FJERNELSE AF NÆRINGSSTOFFER

Der er ifølge Det Marine Virkemiddelkatalog (Link) lavet forsøg med dyrkning af sukkertang i Limfjorden, uden for Horsens Fjord og ud for Grenå. På baggrund af disse undersøgelser i perioden 2011-2019 kan det beregnes at der kan fjernes henholdsvis 29,3 kg N/ha, 25,2 kg N/ha, 12,3 kg N/ha i de tre områder. Variationen mellem de enkelte år var forholdsvis stor. I forhold til fosfor fjernes der i de tre områder henholdsvis 3,91 kg P/ha, 0,75 kg P/ha og 2,43 kg P/ha.

Prisen for at fjerne næringsstoffer er beregnet ud fra de tre forsøgsområder. Prisen for at fjerne 1 kg N angives til at udgøre fra 3.241 til 7.718 kr., med den laveste pris for en dyrkning ved Horsens og den højeste pris ved en dyrkning ved Grenå.

#### FORBEDRET BIODIVERSITET

Aarhus Universitet undersøgte i 2017 effekterne af tangdyrkning på tanganlægget uden for Horsens Fjord. Der blev indsamlet eDNA prøver fra vandsøjle og fra sediment. eDNA-analysen inkluderer alle eukaryoter - planter, svampe, alger og dyr. Undersøgelsen viste en større biodiversitet i sedimentet under tanganlægget end i referenceområdet. I vandsøjlen blev der observeret en ikke-signifikant tendens til, at artsdiversiteten var højere inde i anlægget og nedstrømsanlægget sammenlignet med vandsøjlen opstrøm for anlægget. Undersøgelserne viser således at tanganlæg kan forbedre biodiversiteten ved deres funktion som hængende rev. Samlet set vurderes tangdyrkning ikke at have en væsentlig effekt på biodiversiteten i sedimentet og i vandsøjlen.

## BINDING AF KLIMAGASSER

Dyrkning af sukkertang har en afbødende effekt i forhold til de klimaændringer, der er en signifikant presfaktor mod det marine miljø. Når makroalgerne vokser, optager de med fotosyntesen CO<sub>2</sub>, der dermed bindes i plantevæv. Når planterne høstes og forarbejdes til fødevarer eller foder, og disse produkter anvendes, frigives den optagede CO<sub>2</sub> på ny, når tangen forbrændes. I det omfang der anvendes tang til formål, hvor tangen ikke forbrændes, kan der ske en varig fjernelse af CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Ved etablering af stenrev, hvorpå der opbygges en vedvarende bestand af tang, kan der argumenteres for en klimaeffekt, men igen skal der henledes opmærksom på, at mange tangarter har en livscyklus, hvor bladpladen i efteråret afstødes, og dermed en stor del af det kulstof, der er bundet i planten.

Dyrkning af tang har en anden positiv effekt i forhold til klimapåvirkning. Den øgede koncentration af CO<sub>2</sub> i atmosfæren medfører en forsurening af oceanerne. Siden den industrielle revolution begyndte for ca. 200 år siden, er koncentrationen af kuldioxid (CO<sub>2</sub>) i atmosfæren steget på grund af menneskelig aktivitet. I løbet af denne tid er pH-værdien i oceanernes overfladevand faldet med 0,1 pH-enheder. Dette lyder måske ikke af meget, men pH-skalaen er logaritmisk, så denne ændring repræsenterer et fald på ca. 30 procent i surhedsgrad. Dette fald i surhedsgrad har stor betydning for særligt organismer med kalkskelet såsom koraller og muslinger ([Link](#)). I danske farvande er billedet lidt mere kompliceret når man ser på de sidste 50 år. Frem til 1980'erne sås en stigning på 0,1-0,2 pga. et øget CO<sub>2</sub>-optag ved planteproduktion hvilket medførte en tilførsel af næringsstoffer. Siden midten af 1980'erne har der dog været et fald i pH i samme størrelsesorden ([Link](#)). Ved dyrkning af sukkertang optages CO<sub>2</sub> på tilsvarende vis, hvilket dermed bidrager til en øgning af pH.

## BIDRAG TIL BIOØKONOMIEN

De seneste år har der været meget fokus på tang som den nye vidunder-fødevarer, der både er sund og velsmagende, og hvis dyrkning samtidig vurderes at have positive effekter på havmiljøet. Tilsvarende er der de sidste 5-8 år arbejdet med at udnytte tang til foder, til bioraffinering, og til isolering af særlige kemiske stoffer.

Hvis vi ser på produktionen af sukkertang i Danmark, så når den op på 16 t årligt, dvs. langt under den produktionskapacitet, der er etableret. Den nuværende produktion sker primært i forskningsøjemed, og foregår ikke på kommercielle vilkår. Forklaringen på den lille produktionsstørrelse har flere aspekter. Der importeres i dag sukkertang særligt fra anlæg i Norge og på Færøerne. En del af disse anlæg er forsøgsanlæg, der med innovationsstøtte producerer tang. Danske producenter kan således ikke konkurrere med de priser, der kan opnås på markedet for tørret eller frosset tang. Den danske produktion af tang skal levere til et marked der i dag er forholdsvist lille.

DTU og Aarhus Universitet har i juni 2021 måned udgivet en vidensyntese om blå biomasse ([Link](#)).

## ER TEKNOLOGIEN MODEN OG RAMMEBETINGELSERNE PÅ PLADS

Teknologien til dyrkning af sukkertang er moden både i forhold til processerne med produktion af sporeliner, klækkeriet og med produktion af biomasse i havet på liner. I forhold til at producere sukkertang til foder eller bioraffinering er der behov for en effektivisering af produktionen, således at flere processer automatiseres. Der er både nationalt og internationalt lavet forsøg med produktion af sukkertang på store net, hvor sporene sprøjtes direkte på nettene i en gel, og hvor produktionen i laboratoriet således kun omfatter produktionen af selve de juvenile sporofytter ([Link](#)). På Aarhus Universitet har Teis Boderskov netop afsluttet en PhD med fokus på optimering af produktion af sukkertang, og der eksisterer således vigtig viden om dette forhold.



## POTENTIALT FOR FORRETNINGSUDVIKLING

En lokal produktion eller forarbejdning af dyrket eller høstet tang kan tage udgangspunkt i forskellige forretningsmodeller.

### **Nicheproduktion til fødevarer**

Der er stor interesse for at anvende dyrkede eller vildt høstede danske tangarter som fødevarer, og der kan ligge en nicheforretning her. Der er ikke kendskab til at tang, der er dyrket eller har vokset ved lav saltholdighed har andre gastronomiske eller sundhedsmæssige egenskaber, men det er der en vis sandsynlighed for. Dyrkning af eller høst af

### **Høst og forarbejdning af gaffeltang**

Der har i Danmark tidligere været et omfattende fiskeri af gaffeltang. Der har været fisket i forskellige områder i Kattegat, men også fra bl.a. Nysted. I 1995 blev der lavet en film om den sidste tagfisker i Nysted ([link](#)). Om filmen skrives der:

*Tangeventyret. I 1958 begyndte man at fiske tang til industri. Også "Ole" og Poul Erik Larsen var med i dette tangeventyr, nord for Djursland. Man fiskede efter Furcellatrem tang, også kaldet "rødmyr" i daglig tale. I efteråret 1966 opdagede man store forekomster af tang ved Nysted, og "Ole" og P. E. Larsen begyndte at fiske tang i Klørrenden, et bælte på 12 sømil til Hyllekrog. I 1990 var Poul Erik Larsen alene tilbage om tangfiskeriet i Nysted, og i 1997 sluttede epoken for Poul Erik Larsen, fordi tangfiskeriet ikke længere kunne lønne sig.*

Fiskeriet af gaffeltang er gennemført med en let pose, og bundpåvirkningen er derfor meget begrænset. Muligvis kan optagningen effektiviseres ved at implementere viden fra muslingefiskeriet, hvor der anvendes specialiserede fartøjer, der fisker med flere redskaber fra samme fartøj. Der er ligeledes udviklet lette trawl, der f.eks. anvendes til fiskeri af søstjerner.

Den opfiskede tang er brugt til produktion af agar, der bruges som fortykningsmiddel i forskellige levnedsmidler. Der er med den stigende fokus på veganske produkter mulighed for at udvikle tykningsmidler, der ikke er baseret på animalsk gelatine.

I samtale med Susan Holdt, DTU FOOD, kunne hun fortælle, at DTU gennemfører kortlægning af Furcellaria på nogle af de lokaliteter, hvor der tidligere har været fiskeri. Det er dog kun i området omkring Nysted at der er fundet så store biomasser, at det kan understøtte en kommerciel udnyttelse. Agar kan udvindes i tangen ved en ludbehandling med en efterfølgende kogning. Restproduktet vil indeholde ca. 20 % protein (målt af tørstof), så restproduktet kan have en stor foderværdi. Proteinerne er dog forholdsvis låst, og der skal udvikles metode til at øge fordøjelighed. DTU gennemfører nu en nærmere biomassevurderingen af forekomsten ved Nysted, og på baggrund af denne vurdering kan det undersøges hvor stor en biomasse, der bæredygtigt kan udtages. I forhold til at etablere en forarbejdning af gaffeltang, så har eksisterende forarbejdningsevner ikke mulighed for at forarbejde produktet, og der skal udvikles en ny forarbejdningsorganisation. Det bør undersøges, om sukkerfabrikkerne kan anvendes til forarbejdning af gaffeltang i perioder, hvor der ikke produceres sukker. DTU FOOD vil meget gerne deltage i en videre udvikling.

### **Høst af blæretang - Fucus arter**

Blæretang kan på nuværende tidspunkt ikke opdrættes, og markedet er afhængigt af høst af vildtvoksende tang. Der er en vis efterspørgsel på høstet blæretang. Den tyske kosmetikproducent [Ocean Well](#), beliggende i

Kiel, producerer cremer med udtræk fra tang. Virksomheden efterspørger økologisk certificeret blæretang høstet i Danmark, idet der ikke kan opnås tilladelse til afhøstning i Tyskland.

Også som fødevarer er der en efterspørgsel på tørret blæretang. Bl.a. Nordisk Tang leverer i dag pesto med blæretang og savtang, og sælger også tørret savtang. Dansk Tang leverer ligeledes friskhøstet blæretang samt tørret blæretang og savtang.

Blæretang og andre Fucus-arter har et højt indhold af det bioaktive stof fucoidan, der har en række sundhedsfremmende egenskaber ([link](#)). Dette stof er rapporteret til at have en gavnlig effekt ved at være anti-inflammatorisk, virksomt mod slidgigt, diabetes og tumorer. Ligeledes er der dokumenteret antiviral effekt.

Denne viden er grundlagsskabende for udvikling af tangkapsler.

## KAN DER SKE BORGERINDDRAGELSE – HAVHAVER

Der vil i den vestlige del af Lolland kunne dyrkes sukkertang, hvorimod væksthastigheden vil være begrænset af en lav salinitet i de mere østlige områder. I forhold til høst af vildtvoksende arter kan der laves nye former for havhaver, hvor der laves et fællesskab om at høste f.eks. blæretang, og forarbejde dette til fødevarer.

## HVORDAN FINANSIERES DEN VIDERE UDVIKLING

Se afsnit under kapitel om muslinger. Der er desuden gennemført en del tangprojekter finansieret af private fonde (Villum-Velux Fondene), og projekter med dyrkning af sukkertang, kan måske vinkles så fondsbevilling kan tiltrækkes.

## HVAD ER DEN VIDERE PLAN OG HVEM ER SAMARBEJDSPARTNERNE

Produkt	Produkt	Partnere	Prioritet/tidsplan
Opfiskning af gaffeltang	Der kan etableres et fiskeri af gaffeltang, hvor der udtrækkes agar til stivelsesmidler til f.eks. veganske produkter. Restproduktet efter udtrækket er proteinholdigt, men svært fordøjeligt. Det afklares i sommeren 2021, om der er en biomasse, der er tilstrækkelig til at understøtte fiskeri. Der er tidligere fisket omkring 10.000 t gaffeltang ud for Nysted.  På Bornholm arbejdes der med et projekt omhandlende produktion af vingummi fra agar udvundet af gaffeltang. Nysted kan være det nye Maribo i forhold til produktion af vingummi på Lolland-Falster.	DTU Food; Muslingefiskere der har egnede fartøjer og kompetencer til fiskeriet; Forarbejdningsindustri-sukkerfabrikkerne kan have ledig kapacitet ved fiskeri i forår-sommer.	Der kan i efteråret laves en businesscase. Der skal identificeres en virksomhed, der kan forarbejde gaffeltangen.
Opfiskning af søsalat	Der er muligvis potentiale for et fiskeri af søsalat. Der er dog ikke viden om den konkrete forekomst af søsalat på Lolland-	Virksomhed, der vil etablere teknologi og kapacitet til opfiskning. Dette kan evt.	Bør afvente resultater fra projektet SEASUS og en kortlægning af forekomst

	Falster. Søsالاتen kan anvendes til et foderprodukt.	samtænkes med fiskeri af gaffeltang; Forarbejdningsindustri Aarhus Universitet/TI om forarbejdning af søsalat til foder.	af søsalat på Lolland-Falster.
Høst af Fucus-arter	Der er efterspørgsel på økologisk blæretang. Ocean Well i Kiel vil gerne købe eller indgå i en virksomhedsdannelse, hvor der høstes økologiske Fucus arter. Høstet Fucus kan også afsættes som et tørret produkt.	Ocean Well, Kiel; Dansk partner.	Virksomhedsdannelsen kan afklares i efteråret. Virksomhed kan opstartes med lille omsætning, således der ikke er en stor risiko ved etablering af virksomhed
Dyrkning af sukkertang	Der kan laves en lille produktion af sukkertang, der kan sælges friskt til lokale restauranter. Overskudstang kan tørres og sælges til bl.a. turister mv. En produktion forudsætter, at der er adgang til sporeliner fra dansk eller udenlandsk leverandør.		

## UDPLANTNING AF ÅLEGRÆS SOM MARINT VIRKEMIDDEL

### ÅLEGRÆSSETS BIOLOGI

Ålegræs er en blomsterplante, der har tilpasset sig til livet i saltvand (Figur 22). Planten er afhængig af sollys, og er derfor følsom over for stor produktion af planteplankton eller begroning af hurtigvoksende alger. Pga. plantens følsomhed over for eutrofiering er ålegræs valgt som en indikator for vandkvaliteten i implementeringen af vandrammedirektivet. Ved beregninger af reduktionsmålene for udledning af næringsstoffer indgår således et mål for, at ålegræsset skal kunne brede sig ud til en vanddybde, der kendetegner et system, der ikke er påvirket af antropogene effekter.

Ålegræs kan formere sig på to forskellige måder. Planten kan danne hun- og han blomster, og således producere frø, der spredes omkring planten. Ålegræs kan også reproducere sig asexuelt ved at plantens rødder etablerer nye rodskud, der udvider et ålegræsbeds samlede areal.



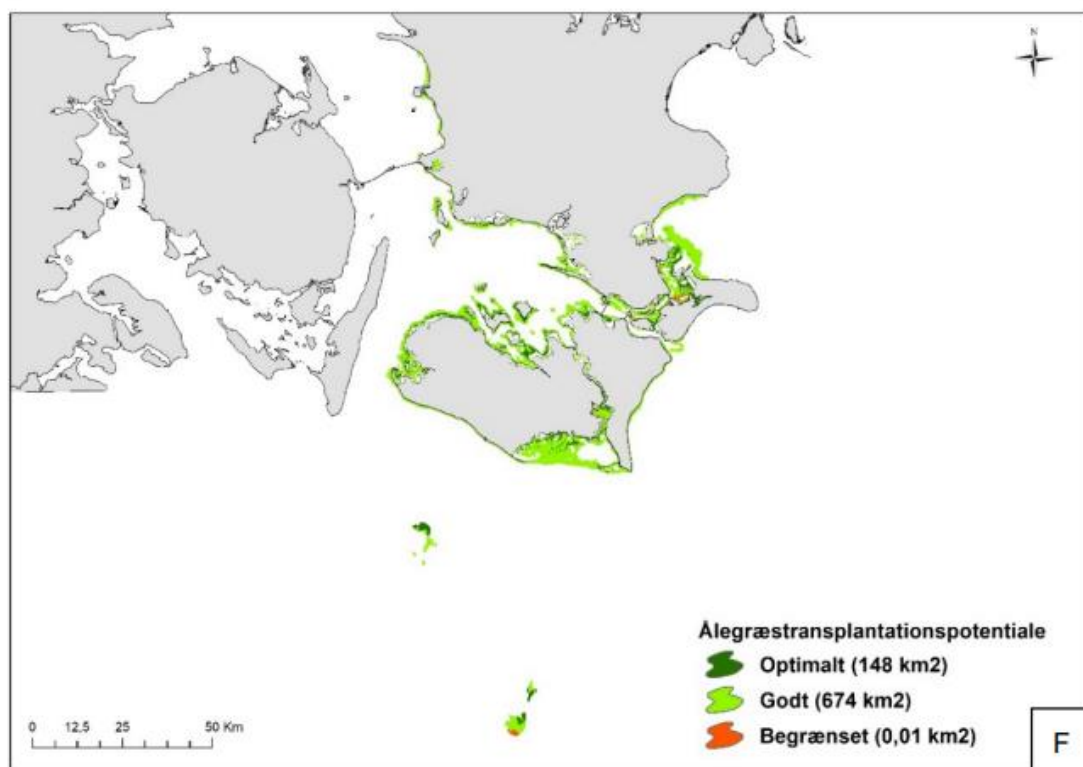
*Figur 22 Ålegræs er en blomsterplante, der har en vigtig funktion i økosystemet. Udbredelsen af ålegræs er styret af tilgængeligt lys. Udledning af næringsstoffer kan dermed begrænse plantens udbredelse (Foto: Per Dolmer).*

Ålegræsbede er vigtige økosystemer, der tilbyder en række økosystemtjenester, der har stor betydning for både havet og menneskenes interaktion med havet.

Ålegræsbede binder og tilbageholder store mængder næringsstoffer (N, P) og binder ligeledes store mængder kulstof. Ålegræs er således effektivt til at binde en del af de næringsstoffer der kommer fra land, samt det kulstof der bidrager til klimaændringer. Ålegræs virker også som et filter, idet vandets hastighed sænkes ved passage gennem et ålegræsbed og derved sedimenteres partikler. Effekten har betydning i forhold til at give klarere vand og mindske kysterosion. Ålegræsbede har en høj biodiversitet idet de er levested for en lang række dyr og planter.

#### UDPLANTNING AF ÅLEGRÆS OMKRING LOLLAND-FALSTER

En analyse af, hvor det er hensigtsmæssigt at udplante ålegræs som marint virkemiddel viser, at området omkring Lolland- Falster rummer store områder, hvor udplantning kan foretages ([Link](#)). I alt er der 822 km<sup>2</sup>, der vurderes optimalt eller godt til udplantning af ålegræs.



Figur 23 Potentialer for ålegræstransplantering (bruttoareal) i udvalgte vandområder fastlagt med GIS-model og modelgenererede datalag for lys, frekvens af resuspension, iltforhold, bundforhold, ballistiske påvirkninger fra makroalger og DIN-koncentration. Datalag er genereret ud fra DHI's Vandplanssimuleringsresultater. Grøn markering angiver områder med potentiale for transplantering og rød angiver områder, hvor lysforholdene er på grænsen til at kunne understøtte transplantering (Kilde: se [Link](#))

Ved en udplantning af ålegræs indsamles der ålegræsskud fra en sund donorpopulation, og enkeltskud udtages og anvendes ved udplantningen. De enkelte skud monteres på et søm eller lignende, og placeres derefter på bunden af snorkeldykker. Det monterede søm sikrer en forankring af planten, indtil denne har etableret et rodsystem, der sikrer at planten ikke driver væk ved strøm eller bølgepåvirkning.

Der er ligeledes forsøgt etablering af ålegræs ved høstning og udlægning af frø, der er indsamlet i eksisterende ålegræsområder. Ved såninger det forventningen, at frøene spirer og skaber en ny population af ålegræs. Der er lavet forsøg med konditionering af frøene, så de opnår en bedre spireevne.

I Virkemiddelkataloget angives det at ålegræsbede kan restaureres ved spredning af frø og ved udplantning af skud, men forskningsprojekterne ReelGrass og NOVAGRASS viser, at udplantning af skud er mest effektivt.

De udplantninger, der er gennemført i Danmark, er alle gennemført i forholdsvis lille skala. De er gennemført som forskningsprojekter eller ved inddragelse af frivillige organisationer og i forbindelse med

undervisningsforløb. I forhold til at opskalere og kommercialisere udplantningen af ålegræs, er der behov for en udviklingsindsats og for at involvere virksomheder med erfaring fra f.eks. fiskerisektoren.

Etablering af ålegræsbede kan med fordel samtænkes med en stabilisering af bunden, med udlægning af sand (sandcapping), og med muslingeopdræt, der giver klarere vand, og dermed sikrer mere lys til ålegræsplanterne.

På den svenske vestkyst er der lavet vurderinger af det økonomiske tab per hektar pga. nedgang i ålegræssets udbredelse ([LINK](#)). Tabsomkostningerne omfatter:

Tab pga. nedgang i fiskebestande	3198 SEK/år
Binding af kvælstof	5593 SEK/år
Binding af kulstof	2322 SEK/år

Beregningerne er baseret på en pris på kulstof på 948 SEK per ton C og 193 SEK/kg N.

## ANALYSE I VIRKEMIDDELKATALOG - FJERNELSE AF NÆRINGSSTOFFER

Det marine Virkemiddelkatalog ([LINK](#)) angiver, at der sker en permanent immobilisering af 146 kg N/år og 32 kg P/år for hver hektar, der etableres. Immobiliseringen skyldes ålegræsbedenes rodnet, akkumulering i sedimentet og en øget denitrifikation i sedimentet. I ålegræsplanternes vækstsæson er der en yderligere binding af N og P på 294 kg N/år og 60 kg P/år per hektar.

Der er i virkemiddelkataloget foretaget en beregning af omkostning for udplantning. Beregningen er baseret på brug af arbejdsteam på 10 mand, heraf 4 dykkere. Prisen for etablering af 1 ha ålegræsbed med udplantning af 47.000 skud er angivet til 249.086 kr. Hvis en investering skal afskrives inden for en vandplansperiode, dvs. frem til 2027, vil den årlige udgift til fjernelse af 146 kg N/ha være ca. 50.000 kr., svarende til en pris på 342 kr./kg N. Den tilsvarende pris for P er 1562 kr./kg P.

## FORBEDRET BIODIVERSITET

Ålegræs er levested for fiskeyngel for en række dyr og planter, herunder kommercielle fiskearter. Etablering af ålegræsbede kan understøtte genopretningen af f.eks. torsk i Østersøen.

## BINDING AF KLIMAGASSER

Danske virksomheder og individer har i stigende grad fokus på at reducere udledningen af klimagasser, og er dermed modtagelige overfor den aktivisme, der argumenterer for en bekæmpelse af klimaændringer. I forhold til en række virksomheders CSR-strategi er klimaneutralitet blevet en del af markedsføringen, og en måde at få social accept af produktion. Danske individer og familier bidrager med ændrede madvaner med mindre kød, kørsel i elektriske biler og en række andre tiltag til at reducere klimabelastningen. I forbindelse med rejser kan der hos en række virksomheder købes klimakompensation, således at der kan rejses med bedre samvittighed. Der er således et stort potentiale for at inddrage danske individer og virksomheder i et system, hvor der med etablering af varige områder med ålegræs kompenseres for en udledning af CO<sub>2</sub>. Markedsprisen på CO<sub>2</sub> klimakreditter er steget voldsomt og er nu på ca. 60 EUR/450 DKK pr. ton CO<sub>2</sub>. Frem mod 2030 er der stor usikkerhed på prisudviklingen, og 50-85-108 EUR/ton svarende til 410-630-800 DKK/ton udgør forudsigelserne



udarbejdet af bl.a. Bloomberg. Prisen drives opad af regerings- og overnationale klimatiltag, og jokeren er om der sker en teknologisk revolution der trækker den modsatte vej.

Undersøgelser i danske og finske farvande af havgræssernes binding af kulstof (Röhr et al 2016 – link) viser store forskelle i de enkelte områders kapacitet til at akkumulere kulstof. Kulstoffet akkumuleres over en årrække ved en sedimentation af organisk materiale i området med havgræs, og forskellige sedimentationshastigheder, forklarer en del af variationen. På en række stationer på Fyn lå den årlige akkumuleringen af kulstof på mellem 7,7 til 102 t C/ha. Undersøgelser i Limfjorden lå noget lavere. Hvis kulstofkoncentrationerne omregnes til CO<sub>2</sub>, kan et ålegræs område maksimalt akkumulere 374 t CO<sub>2</sub>. Regnes der med en pris på 60 EUR/t CO<sub>2</sub> vil ålegræssets værdi i forhold til den kulstoflagring være på 22.440 EUR, eller 165.000 DKK/ha. Der er således mulighed for en væsentlig værdiskabelse, hvis det lykkes at genskabe områder med tætte forekomster af havgræsser med en høj kapacitet til at akkumulere kulstof.

Ved projekter hvor der udplantes ålegræs, kan der opsamles CO<sub>2</sub>. Ny amerikansk undersøgelse viser (Link), at der over en 15 års periode kan opsamles 0,42 t CO<sub>2</sub>-ekvivalenter/ha per år. Danske undersøgelser i Horsens Fjord angiver i Det Marine Virkemiddelkatalog (Link) at der permanent immobiliseres 822 kg C/ha per år fordelt på 527 kg i rodnettet og 355 kg i sedimentet. Dette svarer til en immobilisering af ca. 3 t CO<sub>2</sub>/ha per år.

I forhold til binding af kulstof på landjorden er binding af kulstof i sedimenter mere effektivt, idet kulstof i bundet i sedimenter opbevares i tidsskalaer på årtusinder, mens en binding i en jordbund er mindre stabil og kun er bundet i op til årtier (Hendriks et al., 2008).

## SKAL DER UDVIKLES MARINE KLIMAHAVER

Det Marine Virkemiddelkatalog angiver, at prisen for etablering af ålegræsbede er forholdsvis arbejdskrævende, og dermed dyr, hvis ålegræsbedene skal etableres af professionelle. Prisen angives til 250.000 kr./ha. Erfaringerne fra en række udplantningsprojekter viser, at der er en stor interesse fra private organisationer, gymnasier, mv. i at deltage i udplantninger. Private borgere har de senere år udvist stor interesse i at være med til at etablere havhaver, hvor formålet er bæredygtig produktion af blåmuslinger, østers og tang. Et tilsvarende koncept kunne udvikles med klimahaver, hvor private borgere samarbejder om at udplante ålegræs i et angivet område, og dermed klimakompenserer for familiens udledning af klimagas. Klimahaven kan evt. kombineres med dyrkning af muslinger, som ved deres filtration vil forbedre vandets klarhed, og dermed ålegræssets vækstmuligheder. Når der er dannet tætte forekomster af ålegræs, kan høstning af frø som fødevarer være en mulighed. Det skal dog sikres at dette først sker, når der er opbygget robuste bede af ålegræs.



Figur 24 Udplantning af ålegræs af gymnasieklasse. Billedet er fra Rødkilde Gymnasiums hjemmeside.

### BIDRAG TIL BIOØKONOMIEN

Ålegræs smider deres blade i efteråret, og store mængder biomasse driver ind på land, og kan anvendes som råmateriale. Kvaliteten af det ilanddrevne ålegræs vil være variabel pga. iblanding af tangarter og urenheder som f.eks. sand. I princippet vil det være muligt at udvikle et fiskeri i særlige områder, og således producere en råvare af høj kvalitet. Ålegræs har i mange generationer været brugt til byggerier og som fyld i f.eks. madrasser. Dansk Tang sælger tørret ålegræs, der kan bruges som erstatning for bobleplast i forbindelse med forsendelser (Link).

Teknologisk Institut har i 2018 afsluttet en undersøgelse af anvendelse af ålegræs til produktion af isolationsmåtter til byggerier (Link). I en rapport opsummeres følgende resultater: Tangisoleringsmåtterne – tang-batts - fremstillet af ålegræs opnår uden brandimprægnering en brandklasse E pga. et højt saltindhold i ålegræsset og er dermed brandimprægneret fra naturens side. Imprægnering med Firestop-brandhæmmer forventes at resultere i en brandklasse B. Det er påvist at isoleringsværdien er på højde med mineraluld og at tang-batts har gode akustiske og lydabsorberende egenskaber. Produktet er certificeret med "Cradle to cradle", først på niveau "SØLV" og ultimo april 2017 "GULD"-certificering som det første isoleringsform-stykke. Det er herudover dokumenteret at produktet bl.a. har fordele ved anvendelse til isolering af krybegulv, lydisolering mm.

Virksomheden Advance Nonwoven A/S (LINK) på Møllerup Gods på Djursland har udviklet et maskinanlæg, der ved hjælp af en ny patenteret teknologi (CAFT-teknologien) kan forme endeløse 'nonwoven' måtter af recirkulerede fiber- eller granulatmaterialer. Virksomheden ser en mulighed for at anvende ålegræs som materiale. Målsætningen for produktet tangisolering ved Advance Nonwoven A/S er at opnå en omsætning på 2 mio. kr. i løbet af 3 år. Ved løbende optimering af produktet vil det årlige forbrug af tang være 80-90 tons. Virksomheden arbejder på at finde flere leverandører af tang for at sikre råvareforsyningen. Den høje pris på råvaren betyder en høj pris på slutproduktet, som primært henvender sig til et niche-marked, hvor de unikke produkttegenskaber vægter højt. Men på sigt forventes råvareprisen at tilpasse sig og en større efterspørgsel vil resultere i stordriftsfordele og dermed lavere pris. Der er stor interesse fra arkitekter i at anvende tangisolering. Advance NonWoven har konkrete forespørgsler fra de største arkitektfirmaer i Danmark.

RealDania har støttet et forsøgsbyggeri på Læsø (Link), hvor ålegræs indgår som isolering, og som indvendig og udvendig beklædning (Figur 25). Huset er opført af præfabrikerede trækassetter, som udgør både gulv, facader og tag. Ålegræs indgår som isolering både i selve kassetterne, som polstring i en akustikdæmpende loftsbeklædning betrukket med hørstof, og som facade- og tagbeklædning. Det anvendte ålegræs er leveret fra leverandører på Bogø og Møn.



*Figur 25 Moderne tanghus bygget på Læsø med støtte fra Realdania. I det moderne tanghus bliver ålegræs brugt på tre forskellige måder: som isolering, som indvendig polstret beklædning og som udvendig synlig beklædning. Ved brug af ålegræs bindes CO<sub>2</sub>, og substituering af traditionelle byggematerialer medfører ligeledes en væsentlig reduktion af byggeriets klimabelastning. (Fra Realdanias hjemmeside).*

Ålegræsblade har ikke en værdi som fødevarer eller foder. Der er lavet forsøg med indsamling af frø fra ålegræs. Disse frø kan indsamles i juli måned, tørres og udgør en meget proteinrig korntype (Boks 1). Proteinindholdet er således 50% højere end i ris. Fordelen ved en produktion er, at der ikke skal anvendes gødning, men kan høstes fra den naturlige forekomst af ålegræs eller fra udplantede ålegræsplanter. Korn fra ålegræs må betragtes som et nicheprodukt målrettet high-end restauranter.



# BOKS 1: FRA THE GUARDIAN 9. APRIL 2021 (LINK)

**Seascape: the state of our oceans**  
Plants


Seascape: the state of our oceans is supported by the David and Lucile Packard Foundation

About this content  
**Ashifa Kassam in Madrid**  
@ashifa\_k  
Fri 9 Apr 2021 06:00 BST

5,037

## The rice of the sea: how a tiny grain could change the way humanity eats

Ángel León made his name serving innovative seafood. But then he discovered something in the seagrass that could transform our understanding of the sea itself - as a vast garden




▲ Chef Ángel León found eelgrass seeds have 50% more protein than rice - and the plant stores carbon far faster than a rainforest. Photograph: Álvaro Fernández Prieto/Aponiente

**G**rowing up in southern Spain, Ángel León paid little attention to the meadows of seagrass that fringed the turquoise waters near his home, their slender blades grazing him as he swam in the Bay of Cádiz.

It was only decades later - as he was fast becoming known as one of the country's most innovative chefs - that he noticed something he had missed in previous encounters with *Zostera marina*: a clutch of tiny green grains clinging to the base of the eelgrass.


His culinary instincts, honed over years in the kitchen of his restaurant Aponiente, kicked in. Could this marine grain be edible?



Lab tests hinted at its tremendous potential: gluten-free, high in omega-6 and -9 fatty acids, and contains 50% more protein than rice per grain, according to Aponiente's research. And all of it growing without freshwater or fertiliser.

The find has set the chef, whose restaurant won its third Michelin star in 2017, on a mission to recast the common eelgrass as a potential superfood, albeit one whose singular lifecycle could have far-reaching consequences. "In a world that is three-quarters water, it could fundamentally transform how we see oceans," says León. "This could be the beginning of a new concept of understanding the sea as a garden."

It's a sweeping statement that would raise eyebrows from anyone else. But León, known across Spain as *el Chef del Mar* (the chef of the sea), has long pushed the boundaries of seafood, fashioning chorizos out of discarded fish parts and serving sea-grown versions of tomatoes and pears at his restaurant near the Bay of Cádiz.



▲ The tiny grains within the seagrass. The plant is capable of capturing carbon 25 times faster than tropical rainforests. Photograph: Álvaro Fernández Prieto/Aponiente


"When I started Aponiente 12 years ago, my goal was to open a restaurant that served everything that has no value in the sea," he says. "The first years were awful because nobody understood why I was serving customers produce that nobody wanted."

Still, he pushed forward with his "cuisine of the unknown seas". His efforts to bring little-known marine species to the fore were recognised in 2010 with his first Michelin star. By the time the restaurant earned its third star, León had become a fixture on Spain's gastronomy scene: a trailblazing chef determined to redefine how we treat the sea.

What León and his team refer to as "marine grain" expands on this, in one of his most ambitious projects to date. After stumbling across the grain in 2017, León began looking for any mention of *Zostera marina* being used as food. He finally found an article from 1973 in the journal *Science* on how it was an important part of the diet of the Seri, an Indigenous people living on the Gulf of California in Sonora, Mexico, and the only known case of a grain from the sea being used as a human food source.

Advertisement

**SAMSUNG Galaxy A32 | A52 | A72**




Learn more >

Next came the question of whether the perennial plant could be cultivated. In the Bay of Cádiz, the once-abundant plant had been reduced to an area of just four sq metres, echoing a decline seen around the world as seagrass meadows reel from increased human activity along coastlines and steadily rising water temperatures.

Working with a team at the University of Cádiz and researchers from the regional government, a pilot project was launched to adapt three small areas across a third of a hectare (0.75 acres) of salt marshes into what León calls a "marine garden".

It was not until 18 months later - after the plants had produced grains - that León steered himself for the ultimate test, said Juan Martín, Aponiente's environmental manager.



▲ Salt marshes near Cádiz were used to create a 'marine garden' where the eelgrass seeds could be sown. Photograph: Álvaro Fernández Prieto/Aponiente

"Ángel came to me, his tone very serious, and said: 'Juan, I would like to have some grains because I have no idea how it tastes. Imagine if it doesn't taste good!'" says Martín. "It's incredible. He threw himself into it blindly, invested his own money, and he had never even tried this marine grain."

León put the grain through a battery of recipes, grinding it to make flour for bread and pasta and steeping it in flavours to mimic Spain's classic rice dishes.

"It's interesting. When you eat it with the husk, similar to brown rice, it has a hint of the sea at the end," says León. "But without the husk, you don't taste the sea." He found that the grain absorbed flavour well, taking two minutes longer to cook than rice and softening if overcooked.

In the marine garden, León and his team were watching as the plant lived up to its reputation as an architect of ecosystems: transforming the abandoned salt marsh into a flourishing habitat teeming with life, from seahorses to scallops.


The plant's impact could stretch much further. Capable of capturing carbon 35 times faster than tropical rainforests and described by the WWF as an "incredible tool" in fighting the climate crisis, seagrass absorbs 10% of the ocean's carbon annually despite covering just 0.2% of the seabed.

News of what León and his team were up to soon began making waves around the world. "When I first heard of it, I was going 'Wow, this is very interesting,'" says Robert Orth, a professor at the Virginia Institute of Marine Science, who has spent more than six decades studying seagrass. "I don't know of anyone that has attempted to do what this chef has done."

**## We've opened a window. It's a new way to feed ourselves**

According to Orth, seagrass has been used as insulation for houses, roofing material and even for packing seafood, but never cultivated as food. It is an initiative riddled with challenges. Wild seagrass meadows have been dying off at an alarming rate in recent decades, while few researchers have managed to successfully transplant and grow seagrass, he says.

In southern Spain, however, the team's first marine garden suggests potential: average harvests could be about 3.5 tonnes a hectare. While the yield is about a third of what one could achieve with rice, León points to the potential for low-cost and environmentally friendly cultivation. "If nature gifts you with 3,500kg without doing anything - no antibiotics, no fertiliser, just seawater and movement - then we have a project that suggests one can cultivate marine grain."



▲ A pilot project was successful in cultivating seagrass and obtaining grains that Ángel León then tried in different recipes. Photograph: www.MAPDIGITAL.es

The push is now on to scale up the project, adapting as much as five hectares of salt marshes into areas for cultivating eelgrass. Every success is carefully tracked, in hopes of better understanding the conditions - from water temperature to salinity - that the plant needs to thrive.

While it is likely to be years before the grain becomes a staple at Aponiente, León's voice rises with excitement as he considers the transformative possibility of *Zostera marina*'s minuscule, long-overlooked grain - and its reliance on only seawater for irrigation. "In the end, it's like everything," he says. "If you respect the areas in the sea where this grain is being grown, it would ensure humans take care of it. It means humans would defend it."

He and his team envision a global reach for their project, paving the way for people to harness the plant's potential to boost aquatic ecosystems, feed populations and fight the climate crisis. "We've opened a window," says León. "I believe it's a new way to feed ourselves."

## ER TEKNOLOGIEN MODEN OG RAMMEBETINGELSERNE PÅ PLADS

Produkt	Produkt	Partnere	Prioritet/tidsplan
Klimakompensation	Tilbyde et dokumenteret klimakompensationsprodukt, der er sammenligneligt med plantning af skov.	Virksomhed, der udvikler kommerciel udplantningsteknologi.	
Marint Virkemiddel	Opsamling af næringsstoffer, hvor blåmuslinger ikke kan anvendes (Rødsand).	Virksomhed, der udvikler kommerciel udplantningsteknologi.	
Indsamling af frø og ålegræs	Frø til gastronomi	Virksomhed specialiseret i nicheprodukter. Samme virksomhed kan høste tang, da der er en forskydning i høsttidspunkter af tang og frø fra ålegræs	
Indsamling af ålegræs	Ålegræs til forsendelsesfyld, madrasser, byggeri	Der skal etableres kontakt til Advance NonWoven om mulighed for levering af råvarer, eller evt. Udvikling af en lokal produktion af produkter.	

## FORETNINGSUDVIKLING

Hvordan kan en satsning på dyrkning af muslinger og tang og gendannelse af ålegræsområder bidrage til jobskabelse og bosættelse Lolland-Falster?

Business Lolland-Falster har med projektet Vand i Balance skabt et nyt fokus på mulighederne for at skabe job og virksomheder, der arbejder med vand. Som en del af udviklingsprojektet er udviklingen af en Akvakultur-Fiskeriklynge en ide, der vil blive arbejdet videre med. På Lolland-Falster er der i dag erhvervsaktiviteter inden for fiskeri og havbrugssektoren, og der arbejdes endvidere med planer om at tiltrække virksomheder med en landbaseret fiskeproduktion. Produktionsvirksomheder inden for produktion og forarbejdning af blåmuslinger, tang og ålegræs vil kunne styrke en Akvakultur-Fiskeriklynge, og sikre en konsolidering af klyngen. En oversigt over en mulig klynge er angivet i Figur 26.



Figur 26 Akvakultur-Fiskeriklynge på Lolland-Falster.