

Om forfatterne:



Annette Bruhn er seniorforsker ved Aarhus Universitet, Center for Cirkulær Bioøkonomi og AlgeCenter Danmark. Hun forsker i dyrkning af tang og interaktioner mellem tangproduktion og havmiljø. anbr@ecos.au.dk



Lone Thybo Mouritsen er leder for forskning og fundraising i Kattegatcentret, og arbejder med formidling, undervisning og erhvervsudvikling med tang som omdrejningspunkt i AlgeCenter Danmark. lm@kattogatcentret.dk



Susan L. Holdt er lektor og leder af algeteamet på DTU Fødevarerinstitutionen og arbejder med dyrkning, tilberedning/processering, ekstraktion og anvendelse af ingredienser fra tang. suho@food.dtu.dk



Marianne Thomsen er professor på Københavns Universitet i bæredygtighedsanalyse, bæredygtig fødevarerforarbejdning og -produktion og har en bred økologisk og miljømæssig systemforståelse for bæredygtighed. mth@food.ku.dk



Martin Riis Weisbjerg er professor på Aarhus Universitet. Han forsker især i mælkekøers ernæring og fordøjelsesfysiologi samt fodringsstrategier, grovfoderkvalitet, og kvægs miljøpåvirkning og klimaaftryk. martin.weisbjerg@anis.au.dk

TANG KAN BIDRAGE TIL GRØNNE LØSNINGER



Dyrkning, høst og anvendelse af tang kan være ét af mange nødvendige virkemidler, vi skal bruge for at dreje verden i en mere bæredygtig retning.

Du får her en aktuel status på mulighederne og udfordringerne i at anvende tang til for eksempel bæredygtige fødevarer og dyrefoder.

Hvert år bliver der produceret over 30 millioner ton tang i verden.

Mere end 99 % dyrkes i Asien og mere end 80 % bruges til fødevarer. I den vestlige verden finder vi i dag tang i nicheprægede kvalitetsprodukter, kosttilskud til mennesker og dyr eller som konsistensregulerende tilsætningsstoffer blandt andet i kakaomælk,

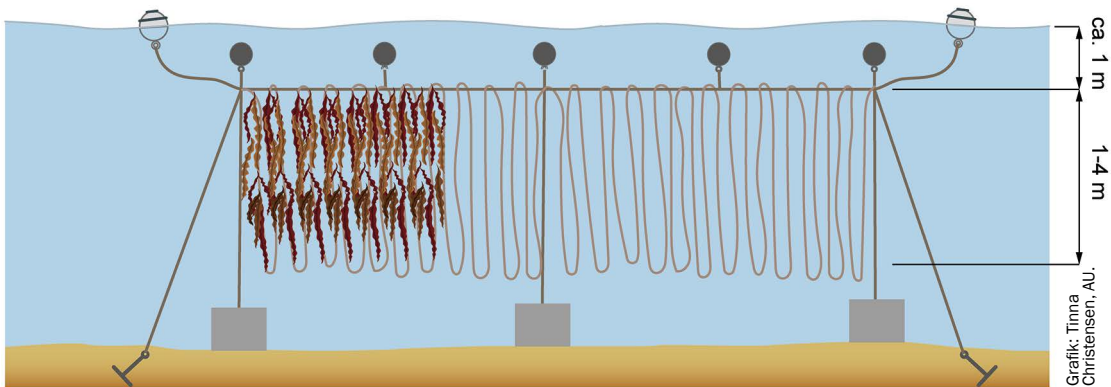
is og tandpasta. Men der er langt større perspektiver i tang! Dyrkning og høst af tang bidrager med en alsidig og bæredygtig ressource, som kan bruges til for eksempel nye plantebaserede fødevarer og til klimavenligt dyrefoder. Samtidig har selve dyrkningen positive sideeffekter: Tangdyrkning fjerner kvælstof og fosfor fra et havmiljø belastet af udledning af næringsstoffer fra land

og modvirker klimaforandringer, idet tangens fotosyntese binder CO₂ i biomasse og modvirker forsuring lokalt. På den måde kan tang bidrage til fremtidens grønne løsninger og understøtte opfyldelse af adskillige af FN's mål for bæredygtig udvikling. Men hvis det skal batte noget for miljø, klima og spisebord, skal vi dyrke, høste og anvende meget mere tang, end vi gør i dag.

← Høst af sukkertang på Aarhus Universitets test-farm i Kattegat ud for Grenaa.
Foto: Teis Boderskov.



En grødehøst-maskine fra søerne i København høster søsalat i Skive fjord i sommeren 2019. Foto: Michael Bo Rasmussen.



Sukkertang dyrkes typisk ved, at tang-sporer sås på liner eller net. Efter ca. 6 ugers vækst fra sporer til spirer hænger man spire-linerne ud i havet på systemer, der minder om tørresnore spændt ud under havoverfladen – forankret i bunden og holdt oppe af overfladebøjer. Spire-linerne sættes ud om efteråret, og tangen høstes den efterfølgende sommer.

Tang i Danmark

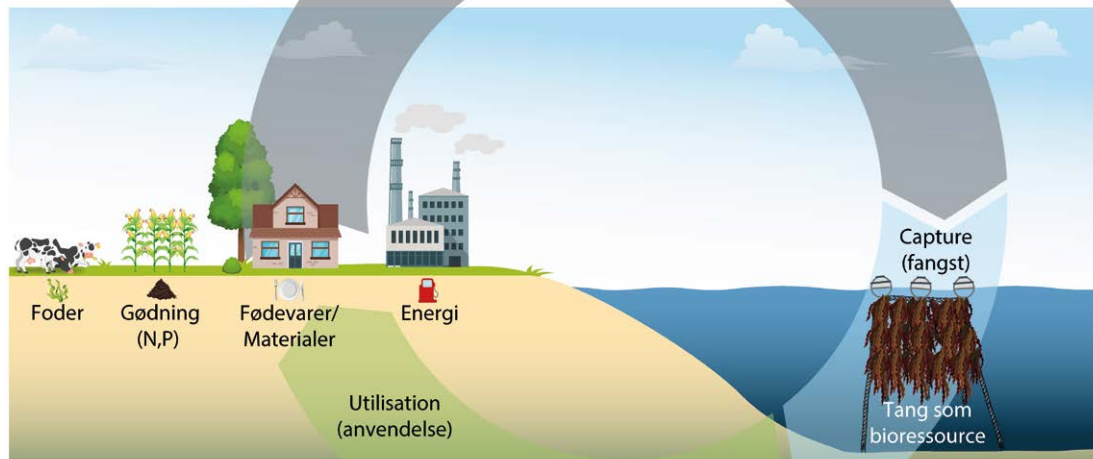
I Danmark vokser cirka 400 arter af tang, men det er reelt kun fire af dem, vi dyrker, høster og anvender i dag: Sukkertang, søsalat, søl og blæretang. Sukkertang er én af vores største tangarter. Den er en stor flerårig brunalge, kan blive 3 meter lang og dyrkes på liner eller net i havet. Der er flere dyrkningsanlæg i Danmark – både kommercielle og private – og sukkertang dyrkes også i havhaver rundt om i landet. Sukkertang trives bedst i havvand med en saltholdighed over 20 ‰, temperaturer under 20 grader, en del strøm og klart vand. De bedste udbytter, vi har opnået i Danmark på liner, svarer til over 21 ton frisk tang per hektar.

Grønalgens søsalat trives under helt andre forhold end sukkertang – nemlig i lavvandede fjordområder med masser af sol, varme og næringsstoffer. Under optimale betingelser kan søsalat fordoble sin egen vægt på under en uge og danne det, man kalder “green tides” – store opblomstringer, hvor grøn søsalat dækker vandet, så langt øjet rækker. Det ser flot ud, men er tegn på et havmiljø med alt for store udledninger af næringsstoffer fra land, og når søsalaten rådner om efteråret, bidrager det til iltsvind i fjordene og lokale lugtgener. I stedet for at lade søsalaten rådne kan den høstes med en sejlene høstmaskine, der er i stand til at høste 15 ton om dagen. Det har

man gjort i Skive Fjord, og forskere og virksomheder udnytter den høstede søsalat til protein til fødevarer og foder. Søsalat kan også dyrkes i systemer på land og oprense næringsstoffer fra for eksempel landbaseret fiskeopdræt.

Søl – også kaldet “Havets Bacon” er en rødalge, der kan dyrkes både på liner i havet eller i systemer på land. Den vokser langsommere end sukkertang, men har en fantastisk umami-smag og er derfor meget eftertragtet som fødevarer. De seneste år har dyrkningsteknologien indenfor søl virkelig rykket sig i Danmark, og den nødvendige produktion af søl-spirer til begge systemer er i dag effektiv og stabil.

Cirkulær bioøkonomi



Grafik: Tinna Christensen, AU.

Dyrkning og høst af tang kaldes også en *Emission Capture and Utilisation teknologi* – altså en teknologi, der fanger og udnytter spildstrømme som næringsstoffer og CO₂ udledt til havet og atmosfæren fra landbrug, spildevand og fossile brændsler. Spildstrømmene kan herved genbruges til at skabe ny biomasse, der kan bruges igen i fødekæden på land, og dermed understøtte en cirkulær bioøkonomi.



Foto: Finn Bak.

Søl "Havets Bacon" er en efterspurgt rødalge. Forskere på DTU Aqua har udviklet mere effektive metoder til produktion af søl-spirer. Her ses Peter Schmedes med søl dyrket i samarbejde med Fjordhaverne i Nykøbing Mors.



Blæretang bruger sine luftblærer som "svømmevinger" til at løfte sig op mod lyset.

Foto: Lone Thybo Mouritsen

Blæretang er en brunalge, som også er eftertragtet til fødevarer. Arten kan endnu ikke dyrkes, men den kan høstes fra de tætte undervandsskove af blæretang, der vokser i et bælte langs mange danske kyster. Blæretangskovene skaber grobund for liv og biodiversitet, og derfor bør høst af blæretang reguleres, så det kan ske bæredygtigt og uden at skade de kystnære økosystemer.

Klima, havmiljø og bioresource på én gang

Når tang vokser, optager den CO₂ og næringsstoffer fra det omgivende vand. Derfor kan dyrkning og høst af tang bruges som en teknologi, der optager de spildstrømme, som vores produktionssystemer på land producerer. Det gælder næringsstoffer, som udledes til havmiljøet, og CO₂-emission til atmosfæren, der forsure havmiljøet. Vi ved, at dyrkning og høst af sukkertang årligt kan optage og fjerne op til 45 kg kvælstof, 3 kg fosfor og næsten 2 ton CO₂ pr. hektar. På baggrund af studier af flere søsalat-hotspots i Danmark anslås det, at der i sommerperioden gennemsnitligt kan høstes omkring 13 ton frisk søsalat per hektar fra "green tides" i næringsbelastede fjorde. Det svarer til cirka 50 kg kvælstof, 5 kg fosfor

Tang.nu

I projektet Tang.nu har danske forskere, virksomheder og myndigheder sammen sat tang på dagsordenen i Danmark – både som en ny bio-ressource til fødevarer og foder, og som en håndsrækning til havmiljø og klima. Partnerne fra Aarhus Universitet, DTU Fødevarerinstitutionen, DTU Aqua, Roskilde Universitet, Kattegatcentret, Multidyk, SEGES, Comida, Bisserup Havbrug, Seaweed Société, Nordisk Tang, Havhaverne i Ebeltoft Vig, Fjordhaverne og Teknologisk Institut, har sammen med en følgegruppe fra Fødevarerstyrelsen, Kystdirektoratet, Miljøstyrelsen, Danmarks Naturfredningsforening, Havh  st og Skive Kommune samlet, skabt og formidlet viden om tang i Danmark. Tang.nu blev støttet med 10 millioner kroner fra VILLUM FONDEN og VELUX FONDEN. Projektet startede i 2017 og blev afsluttet i 2021.



og 2,7 ton CO₂. Ved at bruge tang – sukkertang eller søsalat – som redskab til at opsamle næringsstoffer og CO₂ recirkulerer vi tabte næringsstoffer og CO₂ til nye biobaserede produkter, der kan erstatte produkter med et højere klimaaftryk – for eksempel importeret soya.

Vi bruger enorme ressourcer på at skaffe næringsstoffer til gødning i landbruget. Kvælstof, der udvindes fra luften, kræver cirka 1 % af klodens samlede energiforbrug hvert år, og fosfor er en begrænset ressource, der udvindes ved minedrift. Ved at opsamle og genanvende næringsstoffer, som er tabt til havmiljøet, kan samfundet også spare ressourcer til produktion af nye næringsstoffer. Samtidig bidrager tanghøst til at bringe havmiljøet tilbage i balance – eller god økologisk status – som vi har forpligtet os til gennem EU's vandrammedirektiv.

Der er stadig mange ubekendte parametre i spillet mellem tangdyrkning, havmiljø, biodiversitet og atmosfære. I de nye vandplaner, som skal gælde for 2022-2027, er det foreslået at bruge 34 millioner kroner på at udvikle såkaldte "marine virkemidler", blandt andet dyrkning af tang og udplantning af ålegræs, som redskaber til at reducere mængden af næringsstoffer i det kystnære havmiljø.

Fra klam til cool – tang er grøntsager fra havet

Tang er en ny biologisk ressource, som på grund af smag, indholdsstoffer og konsistens er eftertragtet til gastronomi og plantebaserede fødevarer. Både smag og konsistens varierer mellem tangarterne, nogle er sprøde som råkost, nogle er seje som beef jerky, andre er som blød lakrids. Den slimede konsistens, som nogle arter har, er meget værdsat i Østen, men knap så eftertragtet herhjemme. Smagen kan variere fra umami, over hav og fisk, til ærter og grøn the, lakrids, tobak og bacon. Og lige som med grøntsager fra land gælder det, at tilberedningen er nøglen til velsmag. Bare tænk på, hvor forskelligt en



Foto: Lone Thybo Mouritsen.

Blandet frisk opskyllet tang med bl.a. savtang, søsalat og forskellige fine rødalger.

Gode råd, når du gerne vil samle og spise tang

Saml friskt tang, der har vokset i rent vand. Undgå havne, spildevandsudløb eller områder med industri. Tangen skal være klar i farven og dufte friskt af hav. Pluk gerne kun spidserne af tangen, og tag ikke hele tangplanten, så den kan vokse videre. Der er ingen tangarter, der er giftige, men nogle arter kan indeholde meget jod eller arsen.

Se Fødevarestyrelsens retningslinjer og anbefalinger omkring tang som fødevarer her: www.foedevarestyrelsen.dk/Leksikon/Sider/Tang-som-foedevare.aspx

kartoffel kan smage, afhængig af om det er en rå kartoffel, sprøde chips og pomfritter, smørblød kartoffelmos eller faste, nye kartofler i smør.

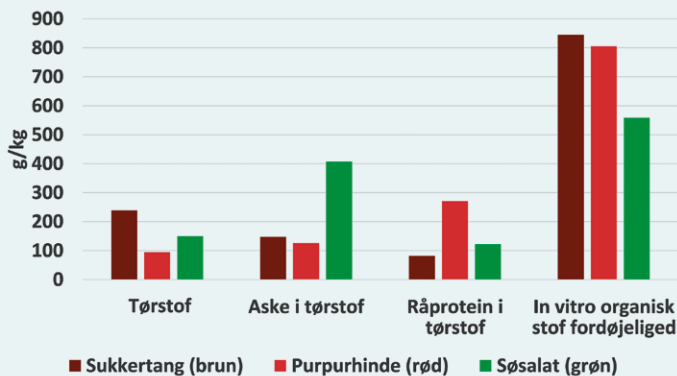
Selvom sushirestauranter med tangindpakket ris på menuen er skudt op over hele landet, og fiskehandlerne langer irgrøn, asiatisk tangsalat over disken i stor stil, er det stadig ikke blevet almindeligt at bruge tang i madlavningen hjemme i danskernes egne køkkener. Måske fordi tang endnu ikke er fast inventar i supermarkedets køledisk. Men i dag har mange danskere smagt tang, og der er stigende opmærksomhed på, at tang er sundt og

noget, vi nok burde spise mere af. Og det giver god mening. Tang indeholder både vitaminer, mineraler, proteiner, sunde kulhydrater, essentielle fedtsyrer og bioaktive stoffer. Men er det sikkert at spise dansk tang? Omfattende danske undersøgelser viser, at tang, der har vokset i rent vand, normalt ikke overskrider grænseværdierne for indhold af tungmetaller, mens tang, der har vokset i nærheden af havne, industri eller spildevandsudløb har større risiko for høje koncentrationer af tungmetaller som cadmium, bly og kviksølv. Samtidig har især store brunalger, som sukkertang og fingertang, naturligt høje koncentra-



Foto: Kattegatcentret

Eksempler på sammensætning og fordøjelighed for brun-, rød- og grønalger



Udfordringer ved tang som dyrefoder

Tang har et højt vandindhold og kort holdbarhed uden konservering. Tørstoffet i tang består af mineraler, protein, kulhydrater og ganske lidt fedtstof. Proteinerne ligner landbaserede grovfodermidler med hensyn til aminosyreandel af råprotein og aminosyresammensætning. Protein fra nogle tangarter er naturligt beskyttet mod nedbrydning i vommen hos drøvtyggere. Kulhydraterne i tang er anderledes end kulhydrater i planter. Nogle kulhydrater (polysakkarider) indeholder svovlgrupper, der kan give forskellige bioaktive egenskaber, men foderværdien er ukendt. Der er stor variation i mineralindholdet og sammensætningen af mineraler mellem forskellige tangarter. Nogle tangarter har et naturligt højt indhold af problematiske mineraler – blandt andet arsen, cadmium og jod.

tioner af arsen og jod. Jodindholdet kan man reducere ved for eksempel at koge eller blanchere tangen.

Tang i fremtidens klimavenlige dyrefoder

Tang har traditionelt været brugt som dyrefoder i kystnære egne. Fritgående husdyr har ædt opskyllet tang på stranden, eller dyrene er blevet fodret med indsamlet tang, især ved mangel på landbaseret foder. Viden om næringsværdien i tangen var tidligere meget begrænset, så anvendelsen har været baseret på observationer og overlevelser, og dyrenes egen opsøgning af opskyllet tang. Men vores viden er i de senere år øget betydeligt.

Det mest slående ved tang er den enorme variation, der findes både indenfor og imellem arter. Vi ved nu, at forskellige arter af tang ernæringsmæssigt spænder fra dårligt foder til kvægfoder med stort potentiale. Men vi ved også, at anvendelse af tang til foder ikke er uden udfordringer. Det er blandt andet udfordrende, at tang har et højt

vandindhold, et højt askeindhold, og at visse arter – især de store brunalger – har et højt indhold af problematiske stoffer som jod og arsen. Derudover har man endnu en begrænset viden om kulhydraterne i tang – både ernæringsværdien af kulhydraterne og deres potentielt sundhedsfremmende egenskaber.

Tre nordiske tangarter (søsalat, sukkertang og buletang) er for nyligt testet i foder til spæde grise og kalve, uden at man kunne påvise klare sundhedsfremmende effekter. Fra udenlandske forsøg ved man, at den tropiske rødalge, *Asparagopsis*, kan reducere metanproduktionen i vommen på køer med op til 99 %. Effekten skyldes artens indhold af bromoform og lignende halogenforbindelser. Desværre kan halogenforbindelser være problematiske, både hvad angår sundhed, miljø og klima. Det forventes, at der findes andre metanreducerende stoffer i danske tangarter, og i projektet Climate Feed, screenes en række nordiske tangarter for effekter på metanproduktion.

Er tang så fremtidens foder til kvæg? Måske, men den nuværende pris på tang betyder, at anvendelse som reelt fodermiddel i dag kun er realistisk, hvis flere af tangens komponenter udnyttes hver for sig i en form for bioraffinaderi, og/eller hvis tangen samtidig dyrkes eller høstes som led i en naturforbedrende indsats. Ellers kan prisen på tang lige nu ikke konkurrere med traditionelle foderstoffer.

Tang og de grønne løsninger – tænk på tværs

Lige nu er der stor interesse for at producere og anvende tang i Danmark. Men hvis tang skal være mere end fancy tilbehør til laksebøf-ferne eller et dyrt specialfoder, som særligt nytænkende landmænd fodrer deres dyr med, er der behov for at opskalere og effektivisere både produktion og anvendelse.

Lige nu er vi i en slags 'hønen - og -ægget' situation, hvor der er økonomisk usikkerhed for både dem, der skal producere tangen og dem, der skal aftage tangen og producere f.eks. foder eller fødevarer: Fordi der er så få tangproducenter, er prisen høj og leveringssikkerheden lav - og fordi, der er så få aftagere, er det en usikker investering at etablere et dyrkningsanlæg, som kræver store investeringer. Samtidig kræver en opskalering af tangdyrkning store arealer til havs, og en løsning kunne være sameksistens mellem forskellige aktiviteter på havet, som tangdyrkning i eller omkring havvindmølleparker.

Tang kan bidrage til de grønne løsninger på flere områder. Dyrkning og høst af tang bidrager med en alsidig og bæredygtig ressource, der ikke optager plads på landjorden. Tangdyrkning har positive sideeffekter, der hjælper os til at leve op til flere af de mål, Danmark har forpligtet sig til inden for både havmiljø og klima. Hvis vi skal løse udfordringerne og bidrage til en bæredygtig, klimaneutral cirkulær bioøkonomi i Danmark, kræver det, at forskere, virksomheder, myndigheder og beslutningstagere tænker på tværs af miljø, klima og fødevarer. ■

Yderligere læsning:
 Christensen & Høgslund. 2011. Havets planter – på oplevelse i en ukendt verden. Aarhus Universitets forlag.
 Petersen m.fl. 2021. Marine virkemidler – potentialer og barrierer. DTU Aqua-rapport nr. 385-2021.
 Petersen m.fl. 2021. Videnssynthese om blå biomasse. DTU Aqua-rapport nr. 387-2021.
 Duarte m.fl. 2021. A seaweed aquaculture imperative to meet global sustainability targets. *Nature Sustainability*
 Bruhn et al. 2020. Høst af eutrofieringsbetingede masseforekomster af søsalat – status på viden om miljøeffekter og økonomi. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Notat nr. 2020/20.
 Tang i menneskehedens tjeneste, *Aktuel Naturvidenskab* nr. 6/2009
 Værdifulde alger, *Aktuel Naturvidenskab* nr. 6/2014
 Tang. *Kasket* nr. 238/2021