



Indsamling af søsalat i Odense Fjord sommeren 2009. Det tager lang tid at indsamle 1 ton våd vægt på denne måde. Men søsalat kan ikke købes i butikker.

Alger – en ny ressource

Makroalgen hedder søsalat, *Ulva lactuca*. Den er hovedaktør i Danmarks største forskningsprojekt om brug af alger til energiproduktion

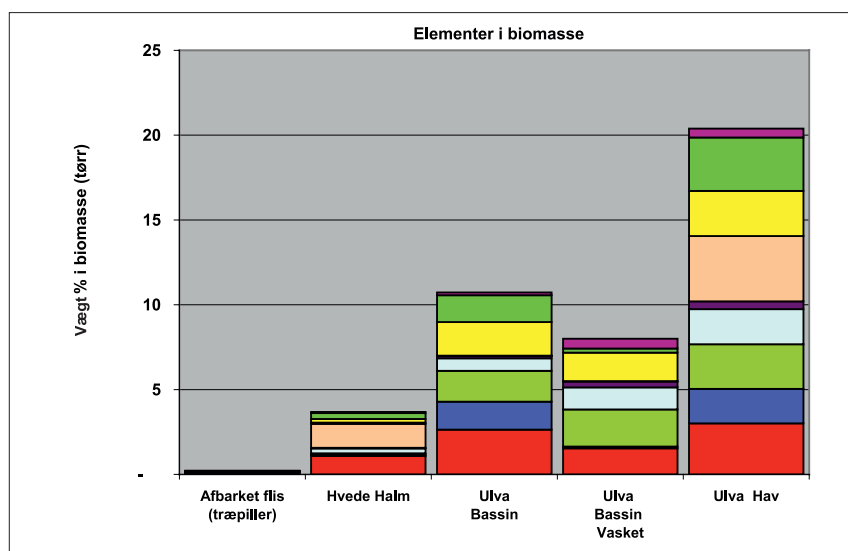
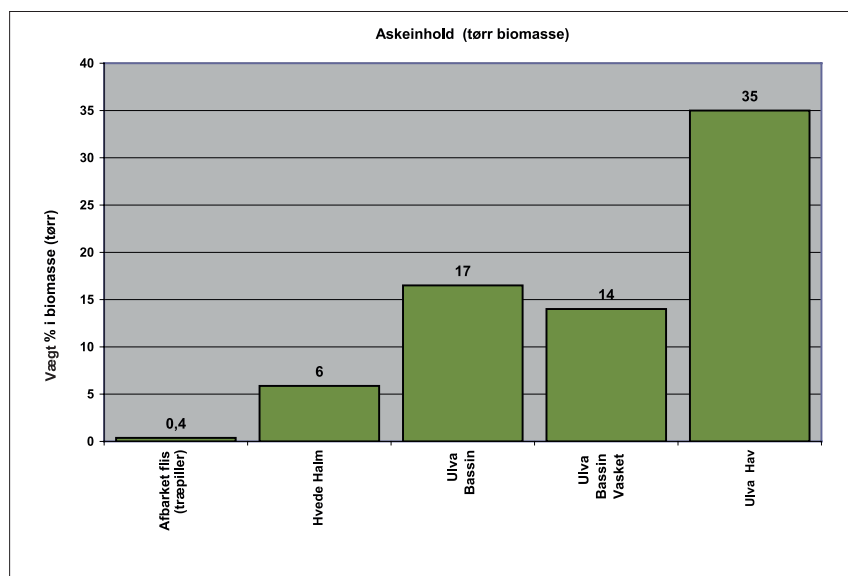
Af Lars Nikolaisen, Teknologisk Institut

Teknologisk Institut leder det hidtil største danske forskningsprojekt om brug af alger til energiformål. Projektet har til formål at undersøge potentialet for energianvendelse af makroalgen søsalat (*Ulva lactuca*). Søsalat er naturligt forekommende i danske farvande, hvor den flere steder findes i store mængder. Projektet blev startet i 2008 og afsluttes ultimo 2011. Det samlede budget er på 10,4 mio. kr., hvoraf Energinet.dk med PSO-midler har bevilget 8,5 mio. kr. Energipotentialet i søsalat undersøges for at bruge det til forbrænding og forgasning samt til produktion af bioethanol og biogas. Også Danmarks Miljøundersøgelser ved Aarhus Universitet (Michael Bo Rasmussen og Annette Bruhn), Risø DTU (Henrik Bangsø Nielsen) og DONG Energy (Bo Sander) deltager.

Voldsomt vækstpotentiale

I sommeren 2008 blev vækstpotentialet for søsalat i bassiner undersøgt af Danmarks Miljøundersøgelser på Dansk Skaldyrcenter i Nykøbing Mors. Der blev lavet forsøg med varierende mængde af søsalat pr. m² bassin, og en tæthed på 4 kg/m² viste sig at give optimal produktion. Dyrkningen i bassiner med recirkuleret havvand resulterede i et udbytte på ca. 45 tons tørstof/hektar/år, hvilket kunne øges med op til 40%, når bassinerne gennembobles med CO₂.

Der er brugt røggas fra en træpillekedel på 15 kW som CO₂-kilde i laboratorieforsøg. Udbyttet fra søsalat er langt højere end fra traditionelle landbaserede energiafgrøder, der typisk giver et udbytte på 10-12 tons tørstof/hektar/år. Det er pil,



Figur 2. Der kan fjernes Na og Cl ved at vaske søsalaten i ferskvand. Andre salte sidder i cellerne og kan ikke udvaskes. Ved bassindyrkning er der næsten ingen Si i søsalaten.



Vækstforsøg på Dansk Skaldyrcenter i bassiner sommeren 2008. Forsøgene viste bl.a. at en tæthed i bassinet på 4 kg søsalat/ m² gav optimale vækstbetingelser.

Figur 1. Askeindhold i træ, halm, søsalat dyrket i bassin og opsamlet i havet. Den markante forskel i %-indhold ift. figur 2 er, at O og C ikke er med i analyserne i figur 2.

elefantgræs (*Miscanthus*), kløvergræs, majs og helsæd (korn og halm).

Alger i pilleform

I sommeren 2009 har Teknologisk Institut over tre dage indsamlet, vasket og tørret ca. et ton frisk søsalat fra Odense Fjord. Da tørstofindholdet i søsalat kun er på omkring 10-15% blev biomassen forsøgsvis presset i en skruepresse, hvilket viste sig at øge tørstofindholdet til 35-40%. Herefter blev biomassen tørret ved cirka 100°C, og i efteråret 2009 lykkedes det at presse biomassen til piller, så det bliver muligt at teste lagerstabiliteten og pillernes styrke. Lugten af det tørrede søsalat er ikke just havfrisk: Der er en gennemtrængende lugt af "råddent saltvand og svovl", hvilket i øvrigt er atypisk ift. andre algearter vi har tørret. Inden presning og tørring blev biomassen vasket i ferskvand for at fjerne så mange salte som muligt. Efterfølgende askeanalyser har vist, at stort set alle Na- og Cl-salte kan vaskes ud, men at der fortsat er betydelige mængder andre salte, der ikke kan udvaskes, da de befinder sig inde i cellerne.

Forbrænding og termisk forgasning

Den samlede mængde aske er markant højere end for andre typer biomasse. Søsalat fra det åbne hav har et askeindhold på op til 35%, mens askeindholdet i søsalat fra bassiner ligger på 14-17%. Forskellen ligger i et højt siliciumindhold, som er sand på overfladen af algen. Askeindholdet skal sammenlignes med halm, der har 4-6%, og træ der typisk indeholder 0,5-1% aske. Resultaterne tyder på, at søsalat er problematisk som brændsel ved forbrænding og termisk forgasning pga. det høje askeindhold. Det giver hedepladebelægninger og slaggedannelse samt

Foreløbige konklusioner om søsalat (*Ulva lactuca*)

- Dyrkningsforsøg viser et udbytte på ca. 45 tons tørstof/hektar.
- Tilførsel af CO₂ kan øge væksten med op til 40%.
- Høj pillekvalitet af tørret søsalat
- Indholdet af kulhydrater er på knap 60%.
- Produktionen af biogas ligger nogenlunde midt imellem gasproduktionen fra kvæggylle og energiafgrøder.
- Produktionen af ethanol er lav, men nye gærtyper undersøges. Produktion af butanol er lovende.
- Et højt indhold af aske og alkali gør det problematisk at anvende søsalat til forbrænding og termisk forgasning.
- Energiproduktion vil med fordel kunne kombineres med produktion af forskellige højværdiprodukter.

salte, som kan give anledning til korrosion.

Ethanol, butanol og biogas

Risø DTU har fundet et udbytte på ca. 3 gram ethanol pr. 100 gram tørstof ved en simpel gæring. Det lave udbytte skyldes et lavt indhold af C6-sukker på 6,1%, men der arbejdes løbende på at optimere udbyttet af bioethanol. Bl.a. bliver der udført forsøg med hydrotermisk behandling, ligesom nye gærtyper vil blive undersøgt med henblik på at finde den mest velegnede til søsalat. Der er også produceret butanol, som viser mere lovende tal med 16 gram butanol ud fra både C5- og C6-sukker.

Risø DTU laver også forsøg med produktion af biogas fra søsalat. De foreløbige resultater viser et methanudbytte på 150-270 ml/gram organisk stof (våd vægt) efter 29 dage ved en reaktortemperatur på 55°C. Det ligger imellem udbyttet af methan fra kvæggylle og energiafgrøder, som f.eks. majs og kløvergræs. Der optimeres med methanproduktion ved længere opholdstider, andre forbehandlingsmetoder og udrådningstemperaturer.

Produktion af alger på kraftværker

DONG Energy arbejder med design af bassiner for algeproduktion ved kraftværker. Ideen er at bruge røggas fra et kraftværk som vækstfremmer og samtidig give mulighed for produktion i vinterhalvåret ved tilførsel af returfjernvarmevand. Der ses også på teknikken i en tørreproces af algerne med energi fra kraftværket. Designet skal være grundlag for en økonomisk vurdering af en algeproduktion i kraftværksregi.

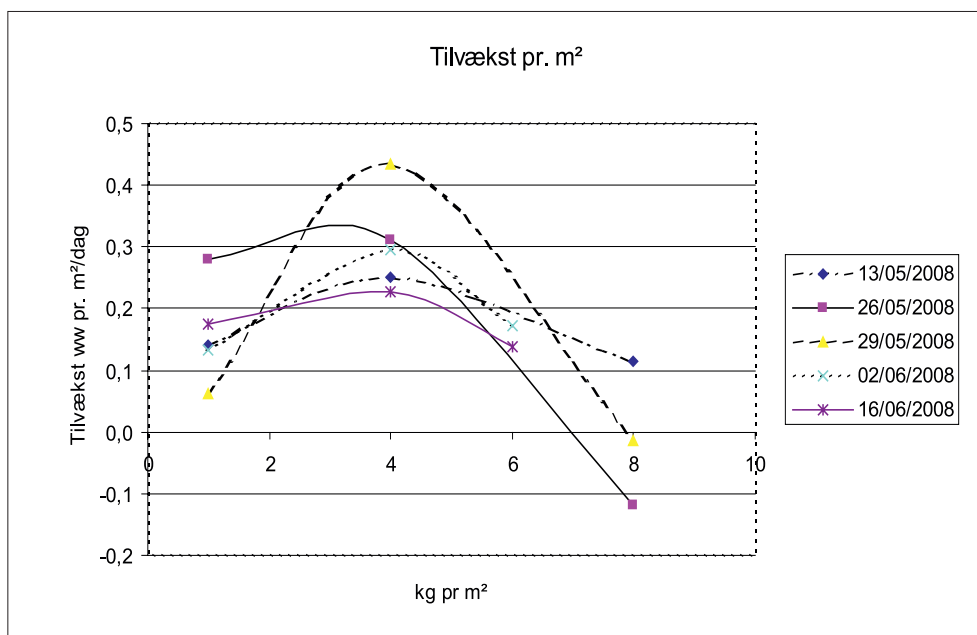
Andre produkter

Det er naturligt at kombinere energiproduktion med produktion af højværdi-indholdsstoffer i algerne. Listen er lang: Shampoo- og bodylotion-komponenter, blodtrykssænkende stoffer og proteiner der kan erstatte animalske proteiner i foder for at nævne blot nogle få anvendelser. Kulhydrater fra alger bruges som stabilisatorer i fødevarer og farvestoffer fra alger tilsættes fiskefoder til laks for at give kødet den eftertragtede lyserøde farve.

AlgeCenter Danmark

Det nye AlgeCenter Danmark, har i september i år indviet et algedyrkningsanlæg ved Kattegatcentret på Grenaa Havn. Med i konsortiet er Danmarks Miljøundersøgelser, Teknologisk Institut, Kattegatcentret og udviklingsprojektet Havets Hus.

Dyrkningsanlægget bliver Dan-



Figur 3. Vækstforsøg på Dansk Skaldyrcenter sommeren 2008. Bassiner med 1, 4, 6 og 8 kg søsalat /m² viser tydeligt et optimum ved 4 kg/m². Ved større tæthed skygger algerne for hinanden.

marks første recirkulerede anlæg til forskning og udvikling inden for brug af alger til bæredygtig energi, foder, medicin og ingredienser til fødevarer. Resultaterne kan bruges til øget vækst og udvikling - både i Region Midtjylland og på landsplan. Placeringen ved Kattegatcentret giver en unik mulighed for formidling af forskningen gennem skoletjenesten, udstillinger og rundvisninger. Basisudgaven af anlægget finansieres af Teknologisk Institut og Danmarks Miljøundersøgelser, mens Kattegatcentret stiller et 500 m² stort område til rådighed. Med 2,3 mio. kr. som tilskud fra Region Midtjyllands Vækstforum bliver et af de første projekter i anlægget: "Alger til Biogas i Region Midtjylland". Bevillingen gives til konsortiets parter og Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet ved Aarhus Universitet samt DONG Energy. Potentialet i at udvinde biogas fra alger

Totalindhold i søsalat i %	%
Kulhydrater	58
Fibre	12
Proteiner	15
Lipider	1
Aske	14

Tabel 1. Tabellen viser tørstofsammensætningen (som udgør ca. 10% af vådvægten) af *Ulva lactuca*.

Kulhydrater. Fordeling i %	%
Ulva	43
Stivelse	15
Frie kulhydrater	2
Lignin	2
Hemicellulose	16
Cellulose	22

Tabel 2. Tabellen viser sammensætningen af kulhydrater (som i alt udgør 58% af tørstofsammensætningen).

Tørstof-sammensætningen (uden oxider og carbonater)

	Afbarket flis (træpiller)	Hvede Halm	Ulva Bassin	Ulva Bassin Vasket	Ulva Hav
K	0,07	1,09	2,64	1,54	3,01
Na	0,00	0,07	1,65	0,1	2,03
Mg	0,01	0,08	1,82	2,19	2,63
Ca	0,08	0,29	0,74	1,3	2,07
Fe	0,00	0,03	0,13	0,35	0,46
Si	0,01	1,42	0,02	0,02	3,85
Al	0,00	0,07	0,00	0	
S	0,01	0,21	1,98	1,68	2,66
Cl	0,01	0,35	1,58	0,24	3,15
P	0,01	0,06	0,16	0,58	0,53



Tørret søsalat og ø6 mm piller. Pillerne har høj mekanisk holdbarhed, dvs. giver lav smuldprocent efter 500 omgange i rullekassen ifølge CEN/TS 15210-1.

samt brug af restproduktet til gødning til økologisk planteavl skal undersøges.

E-mail-adresser

Lars Nikolaisen: LSN@teknologisk.dk

Annette Bruhn: ANBR@dmu.dk

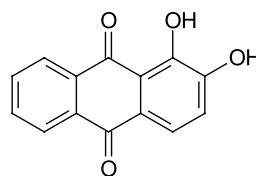
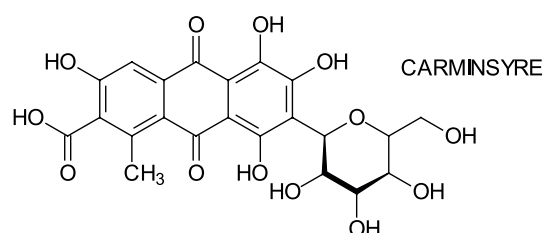
Henrik Bangsø Nielsen: HBNI@risoe.dtu.dk

Bo Sander: BOSAN@dongenergy.dk

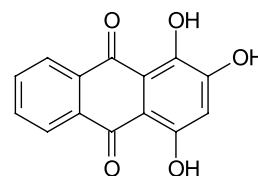
Nyt om...

... Klangen i lakken

Der har været mange spekulationer om, hvad der gjorde visse strygeinstrumenter bedre end andre, specielt Stradivariusvioliner. Det er ofte vanskeligt at få analytiske udsagn om materialerne, idet man er nødt til at anvende ikke-destruktive metoder. Der har været specielt mange spekulationer om lakkens betydning. Lakken kan være slidt og repareret. Den kan være kontamineret på et senere tidspunkt af brugeres sved etc. Der er nu publiceret undersøgelser baseret på anvendelse af mikrometoder, bl.a. synchrotronbaseret mikro-Fourier-transform IR-spektroskopi. Det har kunnet vises, at lakken er oliebaseret,



ALIZARIN



PURPURIN

og man har kunnet udelukke proteinmaterialer som æg, casein eller lim af dyrisk oprindelse pga. fravær af amidbånd i IR. Lakken indeholder nogle røde korn, som man ved mikro-Ramanspektroskopi har kunnet vise at være anthraquinonderivater. Af de 3 viste er det mest sandsynlige carminsyre fra cochenille-skjoldlusen.

Carl Th.

Complementary spectroscopic analyses of varnishes of historical musical instruments, *Spectroscopy Europe*, **22(2)**, 2010 side 12.

The Nature of the Extraordinary Finish of Stradivari's Instruments, *Angewandte Chemie Int. Ed.* **49**, 2010 side 197.

Direkte Analyse med DESI MS, *Dansk Kemi* **91(3)** 2010 side 21.

Pipettecenteret

Kalibrering og service af alle fabrikater pipetter.

Vi kalibrerer både ved indsendelse eller på kundens adresse.

Salg af pipetter og laboratorie varer.



Pipettecenteret

Skovkanten 41 · 4700 Næstved
Tlf. 55 73 62 05 · Mobil 30 33 32 49
Email. nielslindgaard@stofanet.dk
www.pipettecenteret.dk

