

# ALGER

## til Biogas i Region Midtjylland – projektidé til et 3-årigt udviklings- og demonstrationsprojekt



Danmarks Miljøundersøgelser,  
Aarhus Universitet  
Vejlsovej 25  
8600 Silkeborg  
Michael Bo Rasmussen, seniorrådgiver  
(mir@dmu.dk)  
Annette Bruhn, forsker  
(anbr@dmu.dk)



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

Teknologisk Institut  
Vedvarende energi og transport  
Kongsvangsalé 29  
8000 Århus C  
Peter Daugbjerg Jensen, sektionsleder  
(Peter.Daugbjerg.Jensen@teknologisk.dk)  
Karin Svane Bech, konsulent  
(Karin.Svane.Bech@teknologisk.dk)



Havets Hus

Lone Thybo Mouritsen, forskningskonsulent  
(lm@havetshus.dk)



KATTEGATCENTRET GRENÅ

– et hav af oplevelser  
Kattegatcentret  
Færgevej 4  
8500 Grenå  
Jørgen Lund Møller, direktør  
(jlm@kattegatcentret.dk)



DET JORDBRUGSVIDENSKABELIGE FAKULTET  
AARHUS UNIVERSITET

Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet,  
Aarhus Universitet  
Forskningscenter Foulum  
Blichers Allé  
5000 Tjele  
Henrik B. Møller, seniorforsker  
(HenrikB.Moller@agrsci.dk)

**DONG**  
energy

DONG Energy  
Kraftværksvej 53, Skærbæk  
7000 Fredericia  
Erik Ravn Schmidt, R&D Group  
(erirs@dongenergy.dk)



## Alger til Biogas i Region Midtjylland

---

Ansøgte projekt er et 3-årigt udviklings- og demonstrationsprojekt, der skal:

- sikre Region Midtjylland en frontposition i udvikling af energi- og miljøteknologi baseret på anvendelse af akvatisk biomasse fra salt- og ferskvand
- fremme erhvervsudvikling og innovation i regionen gennem udvikling og udveksling af teknologi, viden og behov mellem virksomheder, forskningsinstitutioner og Godkendte Teknologiske Service Institutioner (GTS-institutioner)
- være forankret i regionen, men danne basis for et stærkt netværk af nationale og internationale virksomheder og forskningsmiljøer indenfor anvendelse af akvatisk biomasse

Projektet ansøges af et samarbejdskonsortium mellem Danmarks Miljøundersøgelser ved Aarhus Universitet (DMU), Teknologisk Institut (TI), Havets Hus (HH), Kattegatcentret (KC), Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet ved Aarhus Universitet (DJF) og DONG Energy (DONG).

---

### Baggrund

Alger har de seneste år været i søgelyset, både nationalt og internationalt, som en potentiel kilde til bæredygtig energi. Fordelene ved at anvende alger til energiformål er dels et højt biomasseudbytte, sammenlignet med terrestriske energiafgrøder, dels at produktet ikke konkurrerer med fødevarerproduktion. På internationalt plan har fokus primært været på produktion af biodiesel fra mikroalger, mens enkelte projekter bl.a. i USA i 1980'erne, i Skotland (Biomara) og det danske Søsalatprojekt i stedet har fokuseret på makroalger. Makroalger – eller tang – har et højt indhold af kulhydrater, der potentielt kan udnyttes til både bioethanol, butanol, biogas og forbrænding. I det danske søsalatprojekt er det for nyligt dokumenteret at såvel produktionspotentialet, som biogaspotentialet i den danske makroalge søsalat (*Ulva lactuca*) er betragteligt. Produktionen er estimeret til minimum 45 T tørvægt /ha/år i landbaserede anlæg, og biogas produktionen fra søsalat er på niveau med produktionen fra kvæggylle og kløvergræs (Bruhn et al, *in prep.* Bech, 2009). Produktionstallene indikerer, at det danske klima ikke er en hindring for en meget høj biomasseproduktion. Barrieren i kommercialisering af bioenergi fra alger er bl.a., at omkostningerne er relativt høje gennem hele produktionskæden: dyrkning, høst, forbehandling og energikonvertering. Omkostningerne kan dog bringes ned dels ved udvikling og implementering af ny og eksisterende teknologi gennem hele produktionskæden, dels ved at udnytte andre kommercialiserbare stoffer i alger. Produkter af høj værdi, som farvestoffer, proteiner, vitaminer, næringsstoffer eller bioaktive stoffer kan udvindes af algebiosmassen før energikonvertering. Alger anvendes således i dag i en række industrivirksomheder indenfor både fødevarer-, foder- og medicinalindustrien, og der er et oplagt potentiale for en følgeindustri af algeprodukter i regionen både indenfor allerede eksisterende virksomheder og i etableringen af nye. En sådan industri kunne udvikles i Grenå området, hvor adgang til hav-baserede dyrkningsanlæg kan etableres og hvor grunden er lagt til en aftage-industri bl.a. gennem den projekterede bioethanol produktion. Dyrkning af alger giver desuden miljømæssige gevinster. Algerne fungerer som "biofiltre", idet de omdanner affalds- eller spildevand som CO<sub>2</sub>, gylle, spildevand eller næringsstoffer i havmiljøet til CO<sub>2</sub> neutral biomasse (Gao & McKinley, 1994)

Mens 2. generations bioethanol fortsat er på det før-kommercielle stadie, er biogasproduktion på baggrund af affald og plantebiomasse veldokumenteret og i hastig vækst på verdensplan. I forhold til andre teknologier for energikonvertering af akvatisk biomasse, menes biogas derfor at være den teknologi, der på kortest tid kan kommercialiseres. Biogas vil blive en væsentlig del af fremtidens miljøvenlige energisystem både til produktion af el og varme i den eksisterende energisektor og i opgraderet form som transportbrændstof. Ved at udvikle den eksisterende biogastechnologi, og udvikle/demonstrere nye teknologier til at producere biogas fra alger, vurderes det, at produktionen kan øges med op til 50%. Udfordringerne i biogasproduktionen ligger primært i forbehandlingen, bl.a. i fjernelse af forgæringshæmmende komponenter som salt og svovl fra biosmassen før forgæring. En ny vinkel på forbehandling af biomasse er introduceret med DONG's REnescience teknologi, der er udviklet med henblik

på omsætning af usorteret husholdningsaffald. Forbehandlingen består i kogning af biomassen efterfulgt af enzymatisk nedbrydning, og resulterer i en fast fraktion som kan anvendes til el- og varmeproduktion i et kraftværk og en flydende fraktion som forventes anvendelig til biogasproduktion. Teknologien er af tre årsager interessant i forhold til akvatisk biomasse. Forbehandlingen kan vise sig at være velegnet til nedbrydning af algebiomassen forud for en biogasproduktion. Brændselskvaliteten af den faste fraktion vil øges, idet salte separeres ud i den flydende fraktion, og endelig kan den flydende fraktion fra forbehandling af husholdningsaffald potentielt anvendes som næring for algedyrkning. Indenfor produktionen af alger ligger udfordringerne i at udvælge de mest optimale arter til biogasproduktion, optimere den biokemiske sammensætning af disse arter, øge produktionsraten og nedbringe energiomkostningerne i dyrkningen. Protoplast-teknologi er hér en lovende metode til selektion og effektiv opformering af udvalgte økotypen af alger - uden anvendelse af genetisk manipulation (Reddy et al. 2008).

### **Energi- og miljømæssige fordele ved dyrkning af alger til energi**

Biogas produceret af algebiomasse er CO<sub>2</sub> neutral energi, der kan substituere for fossilt brændstof. Dels i produktion af el og varme, hvor biogassen kan erstatte naturgas; dels på transportområdet, hvor flydende biogas kan erstatte diesel og benzin.

Dyrkning af alger til biogas, har desuden flere gavnlige virkninger på miljøet, idet algerne under væksten lever af CO<sub>2</sub> og næringsstoffer, der til dels er uønskede i miljøet:

- Der bindes kulstof svarende til 1,5 -3 tons CO<sub>2</sub> per ton producerede alger (tørvægt)
- Tilførsel af CO<sub>2</sub> beriget luft kan forøge produktionen af alger per areal (Bidwell et al. 1985)
- Dyrkning af makroalger fjerner kvælstof og fosfor fra det omgivende vand. Op til 15,4 kg kvælstof pr. ha per dag (Gao & McKinley, 1994). Dyrkning af alger i havvand kan således mindske de negative effekter af næringsforurening i havmiljøet, som eksempelvis iltvind i kystnære farvande. Alternativt kan algedyrkningen indgå som et led i spildevandsbehandlingen
- De organiske restprodukter fra biogasproduktionen kan anvendes som gødning/jordforbedring i landbruget. Det fører både kulstof og næringsstoffer tilbage til landbrugsjorden på en sådan måde, at de frigives langsomt i jorden og derfor mindsker udvaskningen af næringsstoffer til vandmiljøet
- Restprodukter fra biogasproduktion kan bidrage til at sikre næringsstofforsyningen i økologiske planteavls bedrifter, der i fremtiden ikke vil kunne importere ikke-økologisk husdyrgødning

### **Formål**

Formålet med projektet "Alger til Biogas i Region Midtjylland" er udvikling og implementering af nye teknologier og facilitering af vidensdeling mellem virksomheder, forskningsinstitutioner og GTS-institutter. Projektet har som konkrete delmål, at:

- Opstille og forvalte et landbaseret, recirkuleret algedyrkningssystem ved Havets Hus og Kattegatcentret i Grenå
- Identificere, optimere og demonstrere produktion af de mest optimale danske arter af makroalger til produktion af biogas, herunder implementering af protoplast teknologi
- Udvikle teknologi til udnyttelse af relevante spildprodukter i Region Midtjylland som næring for algeproduktion (fx gylle, spildevand, CO<sub>2</sub> fra røggas)
- Udvikle og demonstrere teknologi til høst, forbehandling og karakterisering af akvatisk biomasse, herunder termisk og enzymatisk behandling med REnescience teknologien
- Udvikle og demonstrere eksisterende og ny teknologi til produktion af biogas fra akvatisk biomasse, bl.a. fjernelse af svovl før forgæring
- Opgradere biogas til flydende biogas, et bæredygtigt 2. generations transportbrændstof (denne aktivitet foregår gennem EU projektet BioWalk4Biofuels)
- Undersøge og beskrive potentialet for opførelse af fuld-skala REnescience anlæg i Region Midtjylland
- Udnytte restproduktet fra biogasproduktion og fast fraktionen fra REnescience forbehandling til brændselspiller eller økologisk jordforbedringsmiddel

- Deltage i en erhvervsklynge med omdrejningspunkt i aktiviteterne i Havets Hus og Grenå med fokus på kommercialisering af energi og højværdiprodukter fra alger
- Kortlægning af muligheder og potentialer for erhvervsudvikling bl.a. gennem afholdelse af årlige workshops, hvor erhverv, forskning og GTS-institutter udveksler viden og behov
- Formidle principperne for produktion af bæredygtig energi fra akvatisk biomasse og projektets resultater gennem Kattegatcentret (udstilling og skoletjeneste), Havets Hus (erhvervsklynge), medier og videnskabelige fora
- Opstille et realistisk scenarie for algedyrkning i stor skala i Danmark

"Alger til Biogas i Region Midtjylland" vil blive medfinansieret fra et forsknings- og demonstrationsprojekt under EU's 7 rammeprogram "BioWALK4Biofuels", med deltagelse af to af nærværende projekts partnere, DMU og TI. Projektet har 10 andre internationale partnere fra bl.a. Italien, Indien, Spanien, Jordan, Polen og Sverige (bilag 1). BioWALK4Biofuels er for øjeblikket i kontraktforhandling mellem de europæiske partnere og EU. Målet er at producere biogas fra alger, der næres ved spildevand og røggas, og derved producere et bæredygtigt 2. generation biobrændstof.

Den direkte kobling mellem ansøgte projekt og et nyt EU projekt vil sikre gennemslagskraft både nationalt og internationalt: Internationale erfaringer - *beyond state of the art* - fra algedyrkning, biogasproduktion og biogasopgradering vil både skabes i og overføres til Region Midtjylland. I BioWalk4Biofuels projektet deltager indiske partnere som internationale spidskompetencer indenfor protoplast-teknologi, og et mål er at implementere teknologien i Region Midtjylland i ansøgte projekt. Kun to af de planlagte aktiviteter i EU projektet vil ikke blive gennemført i Region Midtjylland. Det drejer sig om kryogen opgradering af biogassen til flydende biogas til miljøvenlig transport, og opskalering af algedyrkningen i bassiner i åbent vand. Viden fra disse områder i EU-projektet vil dog kunne implementeres i Region Midtjylland og dermed bidrage til udvikling i regionen.

"Alger til Biogas i Region Midtjylland" forventes at have stor betydning for erhvervsudviklingen i regionen indenfor udnyttelsen af alger og udvikling af nye anvendelsesområder og medvirke til at opbygge regionens position som førende i Danmark og Europa indenfor udnyttelse af akvatisk biomasse.

### **Erhvervspotentiale i "Alger til Biogas i Region Midtjylland"**

I et notat udarbejdet juli 2009 af Teknologisk Institut til Region Midtjylland (TI, 2009), fremgår det entydigt, at der er et "*stærkt udgangspunkt for vækst*" samt et "*signifikant erhvervspotentiale*" baseret på produktion og udnyttelse af alger til energi og andre formål i Region Midtjylland. Et bredt udvalg af regionens virksomheder kan indgå i de forskellige faser i værdikæden fra produktion til anvendelse (figur 1) – ikke mindst med henblik på en produktion af biogas. Denne udvikling understøttes yderligere af en erhvervsklynge med fokus på udnyttelse af akvatisk biomasse som er under etablering ved Havets Hus. *Etablering*: I fasen forud for opstillingen af et dyrkningssystem, vil et stort antal virksomheder kunne bidrage med implementering af måleudstyr og rådgivning omkring teknologiske løsninger. *Produktion*: 19 havbrug, 107 ferskvandsbrug og 44 virksomheder knyttet til behandling af spildevand vil potentielt kunne indgå som medudviklere og aftagere af grøn teknologi til rensning af spildevand eller som leverandører af spildprodukter som næring for algeproduktionen. Udvikling af et samarbejde med den østjyske virksomhed Marifood, som Havets Hus allerede samarbejder med, og som er landets eneste nystartede algeproducent er planlagt. *Anvendelse*: Anvendelsen af biomassen er den fase, der har størst erhvervspotentiale, og notatet har således identificeret 698 virksomheder i energibranchen i Region Midtjylland. Alene til fremstilling af gas findes 16 virksomheder, der vil kunne få gavn af den nyudviklede teknologi. Desuden forventes udvinding af højværdiprodukter af algebiomassen før den konverteres til energi, at have betydelig fremtidig kommerciel værdi. Uanset om det er stivelsesprodukter, olier, proteiner, vitaminer, fibre eller farvestoffer, man prioriterer at udvinde, ligger hér et uhyre stort erhvervspotentiale i Region Midtjylland. I notatet figurerer 196 virksomheder som potentielle aftagere af algebiomasse til fødevarer, foder, kosmetik og helsekost.

Det ansøgte algedyrkningssystem vil desuden være ideelt til målrettet udvikling og optimering af udnyttelse af specifikke algearter til specifikke erhvervsformål. Små og mellemstore virksomheder (SMV) vil oplagt kunne benytte Forsknings- og Innovations styrelsens "Videnskuponer" til udvikling af målrettet viden til gavn for den enkelte SMV i samarbejde med universiteter eller GTS-institutter.



Figur 1. Flow i produktionskæden fra dyrkningen af alger over høst, forbehandling, karakterisering og endelig energiproduktion.

### Formidling af projektet

Formidlingen af "Alger til Biogas i Region Midtjylland" vil være funderet i Havets Hus og Kattegatcentret.

- Havets Hus vil årligt afholde en virksomheds workshop med gratis deltagelse for samtlige interesserede virksomheder, med henblik på udvikling og udveksling af viden og behov mellem erhverv, forskning og GTS-institutter. Havets Hus er som nævnt allerede i færd med at etablere en erhvervsklynge med fokus på udnyttelse af havets ressourcer
- Dyrkningssystemet med tilhørende demonstrations-biogasreaktor i mini-størrelse vil indgå i Kattegatcentrets Skoletjenestes tilbud om tematiserede undervisningsforløb særligt rettet mod gymnasium og HTX
- På Kattegatcentret skal produceres en udstilling, der formidler koncept, metodologi og erhvervspotentiale bag vedvarende energi fra akvatisk biomasse
- Projektets koncept, mål og resultater vil løbende blive formidlet til medier og videnskabelige tidsskrifter

### Projektets aktører

Ansøgerne bag "Alger til Biogas i Region Midtjylland" er alle forankrede i Region Midtjylland og blandt de førende kræfter indenfor udnyttelse af makroalger til energi, både nationalt og internationalt.

**Danmarks Miljøundersøgelser (DMU)** er førende nationalt mht. dyrkning af akvatisk biomasse som kilde til vedvarende energi og som middel til miljøforbedring. DMU leder/deltager i tre nationale projekter om anvendelse af akvatisk biomasse til energi og deltager i EU projektet BioWalk4Biofuels.

**Teknologisk Institut (TI)** arbejder målrettet med udvikling og anvendelse af nye biomasser til energi, foder, fødevarer og miljøsektoren. TI er projektleder på det største nationale projekt (Søsalat-projektet) om anvendelse af akvatisk biomasse til energi og deltager i EU projektet BioWalk4Biofuels.

**Dansk Jordbrugs Forskning (DJF)**. Det er Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultets mission at fastholde, udvikle og formidle vidensgrundlaget for bæredygtigt jordbrug og produktion af fødevarer af høj kvalitet. DJF råder over moderne laboratorier og biogasforsøgsanlæg, og satser bl.a. på biogas fra akvatisk biomasse.

**DONG energy (DONG)** er Danmarks største producent af elektricitet og deltager løbende i Forsknings & Udviklings projekter i relation til den danske energisektor. DONG står bag de banebrydende anlæg INBICON til ethanol produktion og REnescience til produktion af gas fra affald.

**Kattegatcentret (KC)** er en selvejende fond og drives på non-profit basis. KC formidler bred viden om livet i havet lokalt og globalt, og har en aktiv skoletjeneste, som årligt besøges af 14.000 elever og studerende.

**Havets Hus (HH)** Havets Hus er et udviklingsprojekt, der har kurs mod etablering af et kombineret forsknings-, erhvervs- og oplevelsescenter i tilknytning til det nuværende Kattegatcenter i Grenå.

**AkvaGroup (AG)** er en førende international virksomhed med mere end 25 års erfaring indenfor design og udvikling af recirkuleringsystemer til akvakultur af primært fisk og skaldyr og senest dyrkning af alger. (AG er underleverandør – ikke ansøger til projektet).

**Budget og finansieringskilder**

Aktivitet/Finansiering	RM	EU	DJF	NK/KC	HH/KC	DONG	AG	I alt
Organisering	150							<b>150</b>
Dokumentation	1.491	2.969	500			250		<b>5.210</b>
Formidling	670				150			<b>820</b>
Etablering af algedyrkningssystem	2.261	261		1.000			500	<b>4.022</b>
<b>I alt</b>	<b>4.572</b>	<b>3.230</b>	<b>500</b>	<b>1.000</b>	<b>150</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>10.202</b>

Ansøgte beløb svarer til 45% af projektets totale omkostninger.

RM = Region Midtjylland, EU = projektet BioWalk4Biofuels under EU's 7. rammeprogram. NK = Norddjurs Kommune.

RM's Vækstfond ansøges om at dække 45% af projektets omkostninger, svarende til 4,572 mio DKR. Heraf udgør 1,127 mio medfinansiering til projektet BioWalk4Biofuels under EU's 7. rammeprogram (bilag 1). DMU og TI medfinansierer via BioWalk4Biofuels dyrkningssystem og dokumentation af aktiviteter. DJF medfinansierer med rådighed over forsøgsanlæg i Foulum. NK/KC stiller 500m<sup>2</sup> på Grenå Havn til fuld rådighed for projektet (bilag 2). HH/KC medfinansierer ved at stille skoletjenesten til rådighed med 25 årlige undervisningsforløb á 2 timer på gymnasium/HTX niveau i projektets løbetid. DONG medfinansierer med mandetimer. AG medfinansierer ved at skyde egenkapital ind i udvikling af algedyrkningssystemer (bilag 3).

**Tidsplan**

Organisering	Aktivitet (aktører)	År		
		2010	2011	2012
Organisering	Organisering af styregruppe for dyrkningssystem (DMU, TI, HH)	x		
	Udarbejdning af plan for involvering af erhvervslivet i RM (Alle)	x		
	Udarbejdning af overordnet plan for formidling (Alle)	x		
	Udbygning af nationalt og internationalt netværk (Alle)	x	x	x
Etablering	Projektering af dyrkningssystem (AG, DMU, TI, HH, KC)	x		
	Opstilling af dyrkningssystem (AG, DMU, TI, HH, KC)	x		
	Etablering af demonstrations reaktor til biogasproduktion (DJF, HH, KC)	x		
	Etablering af erhvervsklynge med fokus på akvatisk biomasse (HH, DMU, TI)	x		
Dokumentation	Identifikation af optimale algearter (DMU, TI, DJF)	x		
	Optimering af udvalgte arters vækst og indholdsstoffer (DMU)	x	x	x
	Spildevand/gylle/CO <sub>2</sub> som næring i algeproduktion (DMU, DJF, DONG)		x	x
	Implementering af protoplast teknologi (DMU)		x	x
	Udvikling af teknologi til høst og forbehandling (TI, DONG)	x	x	x
	Karakterisering af biomasse (TI)	x	x	x
	Produktion af biogas (DJF)	x	x	x
	Udvikling af 2. generations biogasteknologi (fx svovlstripping) (DJF)		x	x
	Presning af piller ud fra restprodukter og evaluering af brændselkvalitet (TI)	x	x	x
	Vurdering af restprodukter som økologisk jordforbedringsmiddel (DJF)		x	x
Formidling	Grøn energi i udstilling og skoletjenesten i Kattegatcentret (Alle)	x	x	x
	Workshops for erhvervslivet – Havets Hus (Alle)	x	x	x
	Erhvervsorienterede kurser i algedyrkning (HH, DMU)		x	x
	Formidling af resultater via medier og artikler (Alle)	x	x	x
	Slutrapport (DMU, TI, HH, KC, DONG)			x

**Bilag**

1. Projektbeskrivelse BioWalk4Biofuels. Projekt under EU's 7. rammeprogram.
2. Tilsagn om rådighed over havneareal. Kattegatcentret, Grenå Havn, Norddjurs Kommune
3. Skitse af algedyrkningssystem. AkvaGroup
4. Referencer