

Energistyrelsen

# KORTLÆGNING VE TIL PROCES

## Delrapport 2 - Danske styrkepositioner



**Marts 2013**

Version 3, 1. marts 2013

Udarbejdet af: PMP, JST, HDA, Martin Wittrup, Jens Dall Benzen

Kvalitetssikret af: PMP

Viegand Maagøe

Nr. Farimagsgade 37

1364 København K.

Telefon 33 34 90 00

## Indholdsfortegnelse

1	Introduktion.....	4
1.1	Sammenfatning.....	5
2	Potentiale for omlægning til biomasseteknologier .....	6
3	Kommercielle løsninger .....	7
3.1	Typer af biomasseanlæg til fast brændsel .....	7
3.2	Biomasseteknologiens position på det internationale og danske marked .....	7
3.3	Store industrielle biomasseanlæg med kapacitet mellem 20-50 MW .....	8
3.4	Mellemstore biomasseanlæg med kapacitet mellem 2-20 MW .....	9
3.5	Små biomasseanlæg med kapacitet under 2 MW .....	12
3.6	Industrielle varmepumper.....	12
3.7	Udviklings- og standardiseringspotentialer .....	13
4	Nært kommercielle løsninger.....	17
4.1	Biologisk forgasning .....	17
4.2	Udviklings- og standardiseringspotentialer .....	18
5	Langtidssigtede løsninger .....	20
5.1	Termisk forgasning .....	20
5.2	Pyrolyse .....	20
6	Brændsler.....	21
7	Referencer og kilder.....	22

# 1 Introduktion

Nærværende rapport er udarbejdet som led i Viegand Maagøes assistance til Energistyrelsen i forberedelsen af den kommende tilskudsordning "VE til proces" – en ordning der tager sigte på at konvertere en væsentlig del af erhvervslivets fossile brændselsforbrug til vedvarende energikilder og fjernvarme.

Rapporten udgør delrapport 2 af 4:

- Delrapport 1: Kortlægning af potentialer
- Delrapport 2: Danske styrkepositioner
- Delrapport 3: Business cases
- Delrapport 4: Varmepumpe- og fjernvarmepotentialer

Formålet med nærværende delrapport 2 er at danne et overblik over danske styrkepositioner indenfor biomasseteknologi i forhold til at godtgøre om en kommende tilskudsordning opnår en beskæftigelsesmæssig effekt såvel som fremmer eksportpotentialer.

Rapporten belyser følgende emneområder (spørgsmål formuleret af Energistyrelsen):

- Teknologisk potentiale

Hvilke teknologier og typer af procesenergi, indeholder det størst mulige potentiale i forhold til at forøge VE-andelen og i forhold til at reducere CO<sub>2</sub>-udledningen fra procesindustrien.

- Styrkepositioner

Indenfor hvilke typer af teknologier/løsninger har danske energiteknologiske virksomheder og rådgivningsvirksomheder styrkepositioner og kompetencer, som ville kunne fremmes såfremt ordningen målrettes disse typer, og der derved skabes et større hjemmemarked.

- Udviklingspotentialer

På hvilke områder indenfor VE-procesenergien er der behov for at udvikle nye, innovative løsninger, dvs. områder indenfor procesenergien, hvor der i dag ikke findes tilstrækkeligt omkostningseffektive eller energieffektive grønne teknologier og hvor der derfor er basis for at danske virksomheder kan udvikle og efterfølgende afsætte nye løsninger.

- Eksport- og beskæftigelsespotentialer

Eksport- og beskæftigelsespotentialer på de forskellige procesteknologiske områder, såfremt ordningen også skal rettes mod teknologier og løsninger, hvor et hjemmemarked bedst muligt kan fremme en langsigtet væksteffekt.

- Standardiseringspotentialer

På hvilke områder der kan implementeres og/eller udvikles standardiserede løsninger, der kan anvendes af mindre procesvirksomheder og med øget omkostningseffektivitet

Rapporten er i en vis udstrækning opdelt i teknologiområder som defineret i delrapport 1.

## 1.1 Sammenfatning

Det vurderes, at en støtteordning som "VE til proces" i langt overvejende grad vil føre til fremme af dansk beskæftigelse.

Ift. de vigtigste kommercielle teknologier (anvendelse af træflis og træpiller som brændsel i kedel-anlæg) vurderes mere end 90% af investeringerne at ende hos danske leverandører samt evt. hos disses underleverandører. En stor del af investeringerne er typisk anlægsarbejder, der vil finde sted i og blive udført i Danmark.

Som et groft nøgletal skønnes det, at der skal leveres 1 mandårs dansk arbejdskraft for hver million kroner der investeres i træflis og træpillebrændselsanlæg (kedler m.m.).

En tilskudsordning må gennem øget aktivitet hos leverandørerne desuden forventes at styrke disses position på eksportmarkederne, hvor de i forvejen står stærkt med en vis stigende konkurrence fra for eksempel Østrig og Sverige.

I forhold til biogasområdet forventes et øget aktivitetsniveau ligeledes at føre til først og fremmest dansk beskæftigelse. Ligeledes vil et øget aktivitetsniveau kunne styrke leverandører og rådgiveres position på eksportmarkedet. Det skal dog understreges at etablering af biogasanlæg i erhvervslivet har økonomiske udfordringer, og at en tilskudsordning til anlægsinvesteringer kun i begrænset omfang vil kunne bidrage til realisering af det tekniske potentiale.

Der er i afdækning af ovenstående forhold identificeret en række udviklingstiltag og pilotprojekter der bør undersøges nærmere. En fuld afdækning af udviklingspotentialer på biomasseområdet ligger dog uden for rammerne af nærværende arbejde.

Viegand Maagøe

København

Marts 2013

## 2 Potentiale for omlægning til biomasseteknologier

I delrapport 1 opgøres det fossile brændselsforbrug i industrien som vist i tabel 1 fordelt på hovedsektorer.

	Samlet brændselsforbrug	Gas	Fast brændsel	Flydende brændsel
	TJ/år	TJ/år	TJ/år	TJ/år
CA Føde-, drikke- og tobaksvareindustri	22.365	13.929	1.822	6.614
CB Tekstil- og læderindustri	786	492	-	294
CC Træ- og papirindustri, trykkerier	3.408	2.483	-	924
CE Kemisk industri	4.863	4.276	-	586
CF Medicinalindustri	1.352	1.087	-	265
CG Plast-, glas- og betonindustri	14.740	5.069	2.545	7.126
CH Metalindustri	5.395	3.029	0	2.366
CI Elektronikindustri	521	334	-	188
CJ Fremst. af elektrisk udstyr	433	283	-	150
CK Maskinindustri	3.067	1.673	0	1.394
CL Transportmiddelindustri	860	677	1	182
CM Møbel og anden industri mv.	1.649	468	0	1.180
010000 Landbrug og gartneri	25.363	2.072	1.341	21.950
<b>Sum</b>	<b>84.800</b>	<b>35.874</b>	<b>5.710</b>	<b>43.219</b>

Tabel 1: Industriens brændselsforbrug i TJ/år 2010 fra Danmarks Statistik fordelt på brancher og brændsler. Knap halvdelen af "Flydende brændsler" anvendes til arbejdskraft, specielt i landbruget.

Den miljømæssige potentielle effekt ved konvertering af naturgas, kul og olie udgør hhv. 35%, 9% og 56% af det samlede totale potentiale, hvis det antages, at kul udleder 95 kg CO<sub>2</sub>/GJ; Olie 75 kg CO<sub>2</sub>/GJ og naturgas 57 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

Den indledende kortlægning i delrapport 1 peger i retning af at af størrelsesordenen 40.000 TJ af erhvervslivets fossile brændselsforbrug rent teknisk vil kunne konverteres til faste biomassebrændsler som træflis eller træpiller afbrændt i traditionelle kedler.

Det er i denne vurdering af væsentlig betydning, at en stor del af erhvervslivets fossile brændselsforbrug (15.000 TJ) sker ved brænding eller smeltning. Sådanne processer kan ikke umiddelbart konverteres til andet end bio- eller forgassergas pga. behovet for direkte afbrænding af brændslet i selve processen ved høje temperaturer.

For at danne et overblik over hvor de danske styrkepositioner ligger nu og på sigt, deles nærværende rapport op i tre hovedkategorier inden for biomasseløsninger:

- Kommercielle løsninger
- Nært kommercielle løsninger
- Langsigtede løsninger

I forhold til ordningen "VE til proces" vurderes langt den største del af det realiserbare potentiale på 5-10 års sigt at ligge på den første af disse kategorier, dog vil biogasanlæg have et vist potentielt såfremt eksisterende driftstilskud kan kombineres med de planlagte anlægstilskud.

### 3 Kommercielle løsninger

Ordningen "VE til proces" vil på kort sigt give anledning til at en række eksisterende kedelanlæg i erhvervslivet ombygges til eller erstattes med traditionelle løsninger for afbrænding af træflis og træpiller til proces og rumvarmeformål. Sådanne løsninger har i dag kun i få tilfælde en attraktiv tilbagebetalingstid (<4 år), men tilskudsordningen vil i en lang række tilfælde gøre det realistisk for erhvervslivet at etablere sådanne løsninger.

Anvendelse af biogasløsninger har et teknisk stort potentiale i specielt virksomheders procesanlæg, hvor høje temperaturer og/eller procesforhold gør direkte afbrænding af faste biobrændsler uegnet, men dette må af tekniske og økonomiske årsager anses for mere langsigtet løsninger, se afsnit 4 nedenfor.

En række øvrige langsigtete teknologier og løsninger er kort omtalt i afsnit 5 og 6.

#### 3.1 Typer af biomasseanlæg til fast brændsel

I vurderingen af danske styrkepositioner på biomasseområdet opdeles biomasseanlæg til fast brændsel i tre kategorier:

- Store anlæg med en kapacitet mellem 20-50 MW
- Mellemstore anlæg med en kapacitet mellem 2-20 MW
- Små standardiserede anlæg (træpiller) med en kapacitet under 2 MW

Disse kategorier er baseret på en overordnet opdeling af kedeltyper og teknologier i erhvervslivet og Energistyrelsens angivelse af kvotebelagte energiproducerende anlæg.

Derudover kan der laves følgende underopdeling ift. anvendelse af biomasse:

- Industrielle kraftvarmeanlæg, hvor en biomassekedel anvendes i kombination med en elproducerende enhed som dampturbine, ORC (Organic Rankine Cycle), Stirling motor o.a.
- Kedelanlæg til dampproduktion til proces- og rumvarmeformål
- Kedelanlæg til varmtvandsproduktion som rumopvarmning og visse procesformål
- Biomasseanlæg til direkte afbrænding ifbm. proces, som i smelteovne og roterovne

Danmark har flere virksomheder, som kan levere kommercielt velafprøvede forbrændingsanlæg i stort set alle størrelser, og som har været på markedet i mange år – både i Danmark og internationalt. De små og mellemstore anlæg er i mere eller mindre grad færdige units, der kombineres efter behov. De store anlæg specialbygges efter behov.

#### 3.2 Biomaseteknologiens position på det internationale og danske marked

Oliekriserne i 70'erne foranledigede særligt fokus på omlægning til vedvarende energi og Danmark var et af de lande, der igangsatte initiativer for at forsyne industri og byer (fjernvarme) med energi fra alternative brændsler.

Siden 1980'erne har biomasse til opvarmningsformål haft en større og større betydning i den danske energiforsyning. Frem til i dag primært i fjernvarmesektoren, hvor biomasse afbrændes i varme- og kraftvarmeværker. Dette har betydet, at Danmark har en moden industri med mange års erfaring især i forbindelse med anvendelse af biomasse fra landbruget (halm), men i stigende grad også i form af træflis og træpiller. Industrien har en anelig eksport til udlandet.

Der har i en længere årrække eksisteret støtte til forskning og udvikling af biomaseteknologier. Denne støtte har resulteret i at flere danske virksomheder har en position som teknologisk førende mener flere kilder indenfor biomassebranchen, se referencer i afsnit 7.

På det danske marked er der hård intern konkurrence. At etablere sig på biomassemarkedet kræver en væsentlig kapital. Det tager ca. 1 år fra indledende kontakt til kunden, til at der bliver skrevet bindende kontrakt og yderligere 1 år før anlægget er opført. Derpå kan der gå yderligere ½ år før anlægget er fuldt indkørt og først herefter kan en leverandør profitere på handlen. Et 10 MW biomasseanlæg (indfyret effekt) vil typisk medføre en investering på 30 millioner kroner, og en leverandør skal derfor kunne stille en væsentlig garanti for at kunne handle på markedet.

Desuden kommer det i stigende grad på tale at leverandører skal forestå driften af nye anlæg over for eksempel en 5-års garantiperiode, hvilket stiller krav til kapacitet og finansiell styrke hos leverandørerne.

### **3.3 Store industrielle biomasseanlæg med kapacitet mellem 20-50 MW**

Disse anlæg er hovedsageligt kraftvarmeanlæg og der er ofte tale om ombygning af eksisterende anlæg med fossile brændsler (naturgas eller kul).

Af danske virksomheder der leverer store biomasseanlæg kan bl.a. nævnes B&W Energi, Babcock Wilcox Vølund, Danstoker, Weiss, Hollesen, Eurotherm og Cleantech.

Biomasseanlæg er for mange industriers vedkomne mere besværlige at drive og vedligeholde end deres eksisterende anlæg (naturgas) og der kræves samtidig visse plads- og tilkørselsforhold. De lave driftsomkostninger ved kul og manglende mulighed for at løfte en større investering er typiske årsager til at virksomheder mangler motivation til at skifte.

Visse industrier vil pga. de eksisterende afgiftsforhold se en attraktiv mulighed i at sælge overskudsvarme til fjernvarmenettet. Dette vil med en øget udbredelse af VE-løsninger formentlig medføre en prioriteret udvidelse af fjernvarmenettet til industrielle områder.

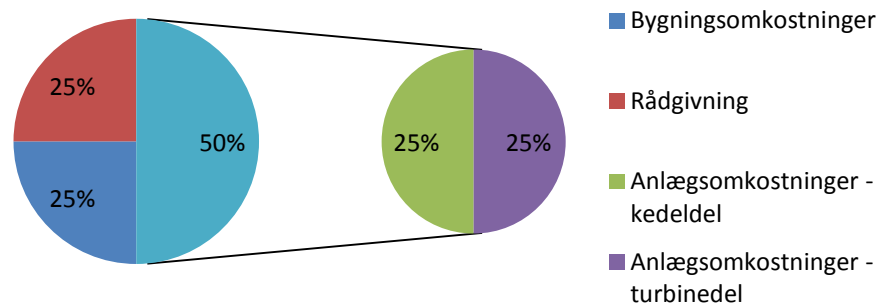
Industrier med eget spildprodukt, der kan brændes vil kunne drage særligt nytte af biomasseanlæg. Da moderne biomasseovne kan brænde biomasse med 60% vand, kan et miks mellem tør biomasse og et slamprodukt være en økonomisk attraktiv løsning i tilfælde, hvor virksomheden normalt betaler for at bortskaffe et spildprodukt.

#### **Typiske leverancer ved etablering af store biomasse anlæg**

Et groft skøn fra branchen angiver at fordelingen af udgifter til et kraftvarmeanlæg på fast biomasse fordeler udgifterne ligeligt mellem kedeldelen, turbinedelen, bygningen og rådgivningen, se Figur 1.



## Andel af samlet investering



Figur 1- Samlet investering af et biomasseanlæg til kraftvarmeproduktion i størrelsesordenen 20-50 MW

Samtidig anslås det af branchen, at omtrent 70-80% af den samlede investering leveres af danske leverandører og af de resterende 20-30% leveres af danske leverandørers underleverandører i udlandet - typisk jern- og metalarbejde i for eksempel Polen og Baltikum.

Investeringerne i store biomassekedler vil altså – både ved ombygning af eksisterende kedler og ved etablering af nye – fortrinsvis komme danske leverandører til gode.

### Fjernvarme fra store biomasseanlæg

En vigtig brik i finansieringen af investeringer i større biomasseløsninger i erhvervslivet kan være muligheden for at afsætte overskudsvarme til fjernvarmeformål. Indtjeningen fra sådanne løsninger bidrager til at finansiere den samlede investering såfremt virksomheder ligger i acceptabel afstand fra et fjernvarmenet (op til 5 km for større anlæg).

Fjernvarme anses for et stærkt dansk kompetenceområde, og det må forventes at sådanne leverancer for langt størstedelens vedkommende vil ske via danske leverandører.

### 3.4 Mellemstore biomasseanlæg med kapacitet mellem 2-20 MW

De mellemstore biomasseanlæg vil hovedsagligt være træpilleløsninger, som ud over opbevarings-siloer ligner traditionelle kedelanlæg. Disse vil typisk ikke have el- eller fjernvarmeproduktion. Det vurderes at træflisløsninger dog i en række tilfælde vil være mere attraktive end træpilleløsninger pga. den lavere brændselspris.

Det er teknologisk uproblematisk at lægge om fra kul til træpiller og de fleste kulanlæg i denne størrelseskategori er allerede ombygget. Det er muligt, at ombygge et anlæg fra træpiller til flis, men dette er ikke økonomisk fordelagtigt uden tilskudsordninger og vil i øvrigt ikke bidrage væsentligt til at reducere erhvervslivets CO<sub>2</sub>-emmissioner.

Af danske virksomheder der leverer mellemstore anlæg til industrien kan bl.a. nævnes Hollesen Energy, Weiss, Eurotherm, Dall Energy, Tjæreborg Industri og Justsen Energiteknik. Lin-Ka leverer desuden halmanlæg op til 10 MW.

For de mellemstore anlæg ses der stort set ingen konkurrence fra udlandet. I Sverige og Østrig findes der væsentlige producenter, men samtidig har Danmark en vis eksport til for eksempel Sve-

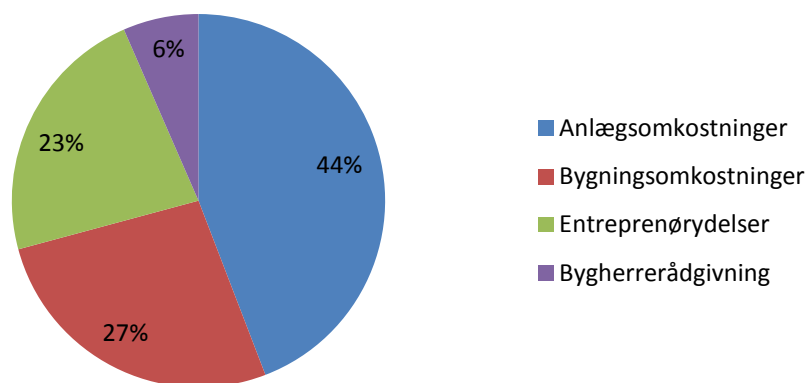
rige. Danmark har tidligere haft et stort forspring på markedet, men i løbet af de seneste år har Østrig vundet markedsandele.

### Typiske leverancer ved etablering af mellemstore biomasse anlæg

I forbindelse med etablering af et biomasseanlæg indgår flere elementer i den totale entreprise.

Erfaringer fra branchen viser følgende fordeling af omkostningerne ved etablering af et 10 MW biomasseanlæg til ren varmeproduktion (fjernvarme):

#### Andel af samlet investering



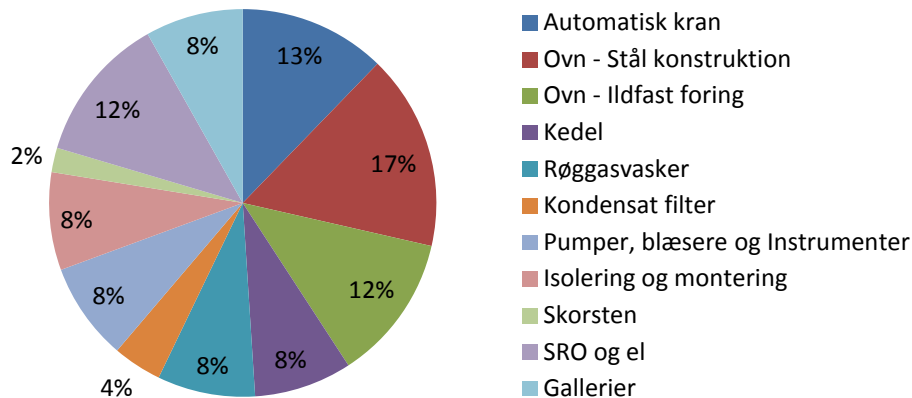
Figur 2 – Samlet investering af et biomasseanlæg på 10 MW opdelt i overordnede kategorier. Anlægsomkostninger dækker over dele af anlægget som ovn, kedel, røggasvasker osv. Bygningsomkostninger er forbundet med bl.a. opførsel af flislager og maskinhal. Entreprenørydelser dækker over projektledelse. Bygherrerådgivning dækker over rådgivning fra indledende faser til og med idriftssætning.

Knap halvdelen af investeringssummen er bundet i kedelanlægget, mens 27 % går til konstruktionen af de bygninger, der skal huse anlægget og brændselslageret, samt belægnings- og vejarbejde.

Bygningsarbejdet forbundet med konstruktionen af et biomasseanlæg, udføres primært af danske virksomheder. Ydelser fra entreprenør og bygherrerådgivning udgør tilsvarende 50 % og disse udføres ligeledes af danske virksomheder. En øget efterspørgsel af biomasse anlæg, må derfor ventes at styrke dansk erhverv i disse dele af branchen.

Selvom meget af biomasseteknologien er danskproduceret, bliver en del af produktionen af et anlæg udført i udlandet. Dette gælder især stål og smedearbejde. Figur 3 angiver hvilke elementer et anlæg typisk består af, samt hvilken andel af den samlede investering i et anlæg disse udgør.

## Omkostninger ved investing i 10 MW biomasseanlæg

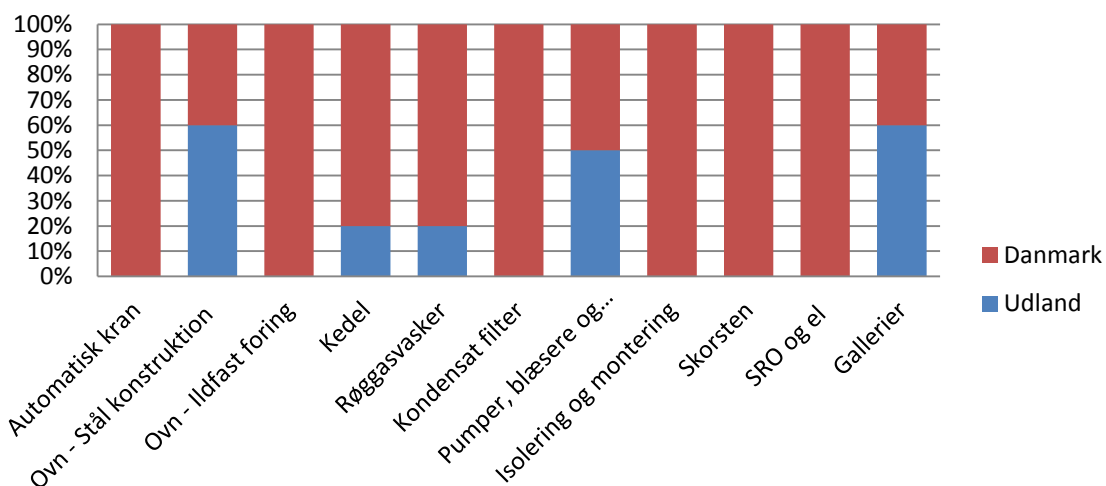


Figur 3 - Omkostninger til biomasseanlæg fordelt på delelementer i leverance.

Udgiften til selve ovnen udgør en stor andel af det samlede anlæg. En del af denne investering vil gå til udenlandske producenter i forbindelse med stål konstruktionen, men der er samtidig behov for at udføre visse forarbejdninger af ovndelen i Danmark.

Figur 4 illustrerer hvor stor en andel af den samlede udgift til en anlægsdel der går til danske producenter, og hvor stor en del der går til udenlandske.

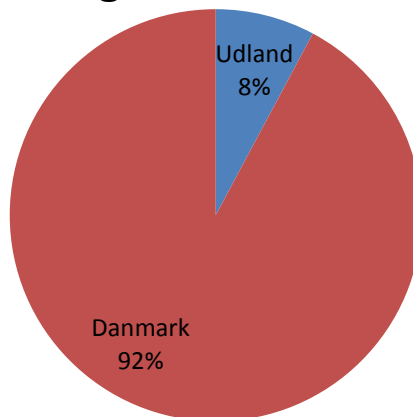
## Udenlandsk andel af anlægsomkostninger



Figur 4- Estimat af hvor stor en andel af anlægsomkostningerne, der afholdes i udlandet.

Figur 5 viser den samlede opgørelse af dansk leverance til en 10 MW biomasseløsning.

## Udenlandsk andel af totale omkostninger til biomasseanlæg



Figur 5 - Estimat af hvor stor en andel af de totale investeringsomkostninger, der afholdes i udlandet.

Af den samlede investering kan det opgøres, at langt størstedelen går til dansk erhverv. Både teknologien, anlægsarbejdet og rådgivningen anses i branchen for værende danske kernekompetencer.

Et forsigtigt skøn (fra en producent af mellemstore biomasseanlæg) på en øget beskæftigelse i forbindelse med investering i et biomasseprojekt af størrelsesordenen 30 mio. kr., vil ligge på omkring 38 mandår, hvoraf 33 er i Danmark – for hver 1 mio. kr. der investeres kan det altså forventes, at der skal leveres 1 mandårs arbejde hos danske leverandører.

### 3.5 Små biomasseanlæg med kapacitet under 2 MW

De små biomasseanlæg er meget standardiserede løsninger og opererer ofte på træpiller. Det er billigere i anlægsomkostninger, men til gengæld er driftsomkostningen højere for træpiller end for flis.

Af danske virksomheder der leverer små anlæg til industrien kan bl.a. nævnes LIN-KA og Justesen Energiteknik.

Der findes som for de mellemstore anlæg både svenske og østrigske producenter, men det er stadig hovedsagligt danske anlæg, der købes i Danmark. Der er også her en vis eksport, da de danske produkter er konkurrencedygtige.

Da de små anlæg er forholdsvis simple og standardiserede kan det formodes, at der på sigt vil ses en stigende udenlandsk konkurrence.

De små anlæg vil typisk være relevante ift. rumvarmeanlæg og rent volumenmæssigt vil de jævnfør opgørelserne i delrapport 1 udgøre en begrænset del af det samlede VE-potentiale i erhvervslivet (<10%).

### 3.6 Industrielle varmepumper

Der er en begyndende anvendelse af varmepumper i erhvervslivet, for eksempel har Arla Foods netop etableret en større hybridvarmepumpe til procesopvarmningsformål på mælkepulverfabrikken Arinco i Videbæk Jylland.

Sådanne løsninger (samt konventionelle varmepumper) har grundet de senere års udvikling i brændsels/elprisforholdet langt bedre økonomi end for 5-10 år siden. Det skyldes, at brændselspriserne gennem en periode er steget mere end elpriserne.

Varmepumpeteknologi har traditionelt været et dansk kompetenceområde (Sabroe, Gram m.fl.), men produktion af kompressorer sker i dag hos udenlandske leverandører (Johnson Controls/York), hvorfor kun en begrænset del af leverancerne til sådan anlæg (50%) vil komme fra danske leverandører.

Det samme gælder varmepumpeløsninger til fjernvarme – her vil kompressorer blive leveret af udenlandske leverandører.

Det skal bemærkes, at der i kemisk industri og fødevareindustri m.m. er et betydeligt potentiale for at etablere MVR-inddampere (Mechanical Vapour Recompression), hvor kompressorer drives inddampningsprocessen i stedet for damp. Sådanne varmepumpeløsninger er et typisk dansk kompetenceområde, men er i dag overtaget af GEA Niro (tysk leverandør) med hovedsæde i Søborg. Det vurderes, at halvdelen af sådan anlæg vil blive produceret i Danmark.

Ift. mere avancerede højtemperaturvarmepumper sker der i Danmark en vis udvikling af sådan – typisk for at omsætte mellemtemperatur spildvarme i industrielle processer til højtemperatur opvarmningsformål. Advansor er en vigtig spiller på dette område (men er netop overtaget af et amerikansk firma)

Potentialerne for disse løsninger vurderes at være begrænsede på 5-10 års sigt – dels teknisk, dels økonomisk, da sådan varmepumpeanlæg pga. trykforhold er relativt dyrere end traditionelle løsninger. Desuden drives denne type varmepumpeanlæg ofte med en lav virkningsgrad (COP, Coefficient of Performance), hvilket forringer driftsøkonomien.

Eksportpotentialerne for varmepumpeløsninger vurderes at være meget begrænsede på 5-10 års sigt.

### **3.7 Udviklings- og standardiseringspotentialer**

Det vurderes at de kommercielle VE-løsninger er relativt veludviklede og at der ikke umiddelbart er oplagte teknologiudviklingspotentialer ift. de kommercielle løsninger.

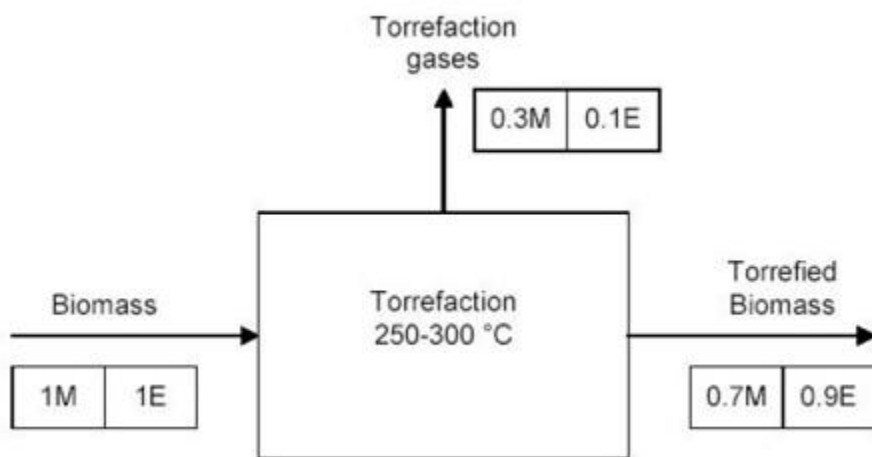
Der er i kortlægningsarbejdet dog noteret en række indsatsområder og ideer, hvor pilotprojekter eller lignende kan iværksættes for at fremme udbredelsen af "VE til proces" såvel som styrke eksport af dansk know-how, for eksempel:

- Der er i fødevareindustrien (ost, mejeri, slagteri, ingredienser) en vis skepsis overfor at anvende træflis som brændsel. Det skyldes at træflislagre typisk har en frodig bakteriekultur, der anses for at være i strid med god praksis for fødevaresikkerhed.

Selv samme virksomhedstyper er dog ofte åbne for drøftelse af biogasløsninger, hvilke er i modstrid med skepsis over for træflisløsninger (biogas har rig bakteriekultur).

Da træflis rent driftsøkonomisk er en attraktiv løsning (billigere end træpiller) bør det overvejes at demonstrere, at det med moderne overdækkede og fuldautomatiske lagre er uden fødevaremæssig risiko at anvende træflis som brændsel.

Alternativt vil for-forgasset træ/biomasse ved lav temperatur også kunne anvendes. Denne proces kaldes torrefaction og benyttes til at gøre biomasse lager stabilt og samtidig give det en højere energi-intensitet. På grund af varmebehandlingen vil dette produkt evt. kunne anvendes i fødevarerbranchen.



Figur 6. Skematisk visning af fordeling af masse og energi ved torrefaction<sup>1</sup>

I figuren angiver "M" masseflow og "E" energimængder i processen. Det er oplagt at en sådan forbehandling af træflis kræver tilførsel af energi, hvilket for eksempel kan ske ved at udnytte overskudsvarme fra kraftværker.

- En række brancher kan af procesmæssige årsager ikke umiddelbart tage faste biomassebrændsler i brug. Det gælder teglindustrien, stenuldsindustri, asfaltindustrien, betonelementindustrien m.m.

Visse af disse brancher – eksempelvis asfaltindustrien – vurderes rent teknisk at kunne bruge fast biomasse, men har ikke finansiell eller teknisk kapacitet til eventuelt at udvikle tilpassede løsninger. Der er tale om tromleovne med procestemperaturer omkring 250°C.

I korn- og foderstofindustrien vurderes der desuden at være godt potentiale for at udvikle løsninger hvor egne restprodukter kombineres med fast biomasse til procesopvarmningsformål – dette er endnu ikke afprøvet.

Det bør overvejes at igangsætte en række pilotprojekter eller forundersøgelser der demonstrerer disse muligheder så vidt at kommercielt bæredygtige løsninger kan tages i brug.

Det vurderes at nye løsninger på sådanne områder vil have et vist eksportpotentiale.

- En vigtig udfordring ift. at anvende biomasse i erhvervslivet er, at mange virksomheder har et stærkt varierende varmebehov og at for eksempel konventionelle træflisløsninger - hvor træflis brændes af på en rist - har en relativt stor træghed i tilpasningen af produceret varmemængde.

Biogasløsninger og forgasning er et svar på dette problem, men sådanne anlæg er typisk dyre og komplicerede for "normale" virksomheder.

<sup>1</sup> <http://greenforze.wordpress.com/2009/05/17/torrefaction/>

Forstøvning af træpiller er et andet brændselsalternativ til hurtigt regulerbare biokedler, men her er brændslet som før beskrevet væsentligt dyrere end alm. træflis.

Der er derfor behov for at udvikle løsninger, der baseret på faste biobrændsler i bedre grad end i dag kan variere varmeproduktionen – enten i kombination med anvendelse af naturgas eller i form af nye løsninger.

- Mange industrivirksomheder vil finde det interessant at kunne beholde brændselsfleksibilitet og også reducere nedetiden ved ombygning eller udskiftning af kedler.

Der er desuden ofte en skepsis omkring brændsels- og afgiftssituationen og hvordan dette vil udvikle sig på selv kortere sigt. Denne skepsis kan delvis overvindes, hvis den eksisterende kedel- og brændselsløsning kan bibeholdes som en back-up mulighed.

En kombinationsløsning, hvor de eksisterende kedler bibeholdes, men hvor der enten benyttes forgasser gas fra en ny forgasser eller hvor der ledes varm røggas fra et separat brændkammer ("forfyr") ind i den eksisterende kedel og dennes konvektionsdel vil kunne være en interessant løsning.

Løsningen vil kunne etableres helt uafhængig af den daglige drift og den eksisterende varmeproduktion og vil give mange fordele:

- Der opnås brændselsfleksibilitet
- Der kræves kun kort nedetid ved ombygning
- Der er mindre behov for biomasselager (brændselsfleksibilitet sikrer driftssikkerhed)
- Der kan være mindre anlægsomkostninger
- Der kan opnås bedre lastvariation (støttefyring)
- M.m.

Sådanne løsninger må anses for rimeligt enkle rent teknologisk, men er ikke demonstreret anvendt i praksis.

- Udnyttelse af biomasserestprodukter i industrien. Flere industrivirksomheder har biomasse restprodukter, som man i dag enten sælger meget billigt (f.eks. til foderformål) eller ligefrem betaler for at komme af med.

Selvom restfraktioner ofte er meget fugtige kunne de evt. indgå i en fremtidig energiproduktion.

Der findes en række lovende teknologier, hvor fugtigt brændsel kunne indgå som del af brændselssammensætningen.

Vølund har for eksempel mulighed for at "spraye" fugtigt brændsel ind oppe i fyrrummet. Brændslet vil være tørt inden det lander på risten og brænder derefter op samme med øvrigt brændsel. Det fugtige brændsel vil samtidig opfugte luften og dermed kunne bidrage til øget lav-temperatur varmeudnyttelse (fjernvarme).

Forgasningsteknologier, som Dall Energis eller DONG Energys Pyoneer<sup>2</sup> forgasser, vil også kunne klare relativt fugtige brændsler af forskellig beskaffenhed, hvilket kan åbne op for et blandingsprodukt mellem almindeligt træflis og fugtigt restprodukt. Dette kræver dog eftervisning i praksis.

- Udnyttelse af spildevandsslam fra industrielle anlæg til energi gennem forgasning kunne for nogle virksomheder virke som en interessant løsning.

Der er flere der ser på produktion af biogas på slamanlæg men det er kun sjælden interessant (skal helst have højt indhold af næring til bakterier). Et biogasanlæg vil desuden ikke fjerne problemet med slam, men kun reducere det (reduktion på omkring 30%).

En termisk forgasning af slam vil desuden åbne mulighed for en reduktion af evt. skadelige stoffer i spildevandsslammet, hvilket for nogle industrier kan være ønskeligt.

Forgasning har den fordel at det foregår ved meget høj temperatur, og at der stort set ikke er nogen partikelforurening ved forbrænding af gassen. De nærmere forhold omkring overholdelse af miljøkrav skal dog undersøges nærmere.

En undersøgelse af dette potentiale samt en demonstration af mulighederne kunne åbne op for forgasningsteknologien i nye sammenhænge og måske også på sigt være en løsning for kommunalt spildevandsslam.

Som Miljøstyrelsen skriver om termisk forgasning i deres Rapport fra 2008 "Renseteknik - oversigt over ny miljøteknologi indenfor spildevandshåndtering" kapitel 6, Slam<sup>3</sup> :

*"Potentialet for teknologien forekommer stort, hvis de tekniske udfordringer omkring processen kan overkommes. Der er behov for videreudvikling af teknologien og for indhentning af driftserfaringer fra demonstrationsanlæg i pilot/fuldskala"*

---

<sup>2</sup> <http://www.dongenergy.com/da/innovation/utilising/pages/pyroneer.aspx>

<sup>3</sup> <http://www2.blst.dk/udgiv/Publikationer/2008/978-87-92256-39-3/html/kap06.htm>



## 4 Nært kommercielle løsninger

Biogas kan afbrændes og omdannes til el og varme i gasmotorer eller gasturbiner, afbrændes i et kedelanlæg og levere procesvarme i form af damp eller anvendes til direkte afbrænding til processer med krav til høje temperaturer og rent brændsel. Biogas kan ydermere opgraderes og introduceres i naturgasnettet, hvilket dog kræver en del ekstrainvesteringer.

Ift. ordningen "VE til proces" må biogasløsninger betragtes som "ikke-kommercielle" løsninger der dog på sigt kan blive mere udbredte. Dette vil som nævnt specielt være gældende, hvis de eksisterende driftstilskud til biogas til procesformål suppleres med anlægstilskud.

Det skyldes dels at investeringerne er relativt store ift. den gasproduktion der opnås og at tilbagebetalingstiderne typisk kan ligge op mod 15-20 år. Dette er langt mere end erhvervslivet normalt accepterer.

Desuden vil langt de fleste virksomheder anse det som liggende langt fra kerneforretningen at skulle drive et noget teknologisk præget biogasanlæg, hvor gasproduktion og drift af virksomhedens produktionsanlæg i et eller andet omfang skal tilpasses hinanden.

Det skal ift. disse betragtninger dog tilføjes, at Arla Foods kommende store biogasanlæg ved Videbæk samlet set forventes at kunne opnå tilbagebetalingstider under 10 år når alt medregnes. Heri indgår dog mange elementer som andre virksomheder vil have svært ved at kapitalisere – for eksempel at der hos de enkelte landmænd opnås gevinster pga. mindre udledning af skadelige stoffer ved spredning af gylle på landbrugsjord.

Potentialet for biogasanlæg til "VE til proces" må således først og fremmest forventes at angå en række større fællesanlæg, der forsyner flere virksomheder og/eller leverer behandlet gas til naturgasnettet. I mange tilfælde vil industriens restprodukter kunne indgå i sådanne anlæg, hvorved transport af affald m.m. minimeres.

### 4.1 Biologisk forgasning

Danmark har flere leverandører og rådgivere på biogasområdet, eksempelvis XRGi, Planenergi, Bigadan, Niras m.fl. Blandt andet XRGi har specialiseret sig i at eje og drive større biogasfællesanlæg og har betydelige aktiviteter i udlandet (XRGi har senest vundet kontrakt på opførelsen af et stort biogasanlæg i England).

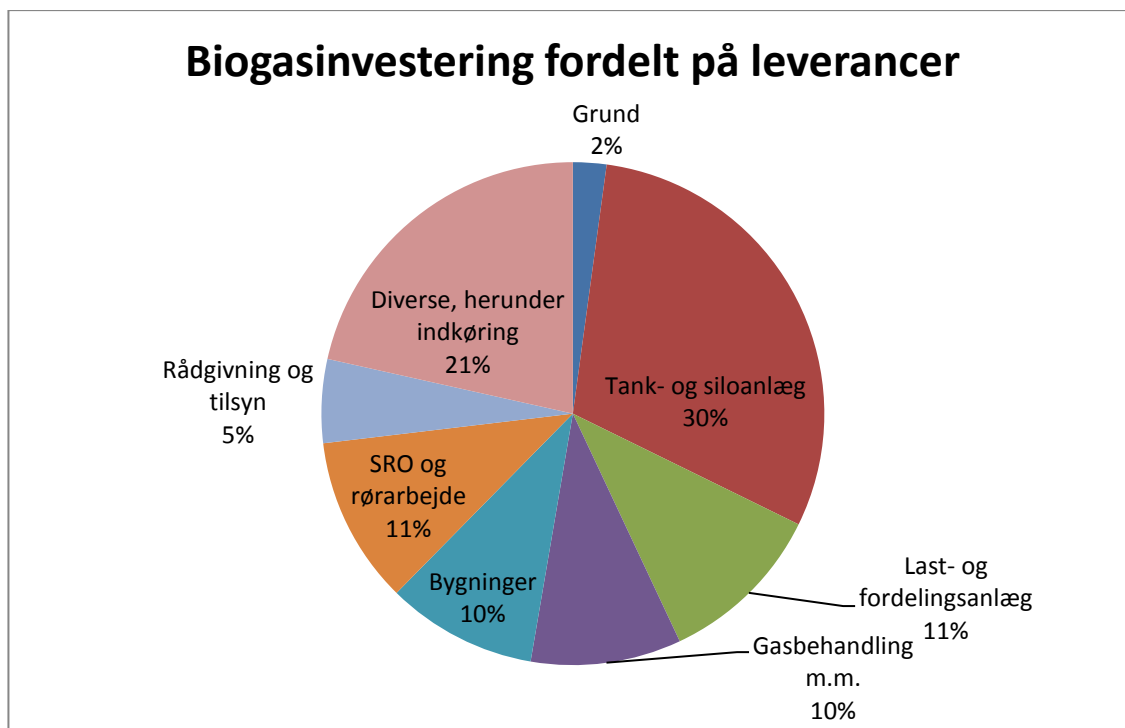
Typisk er etableringen af biogasanlæg i dag forankret i landbrugets restprodukter i form af gylle ved svineproduktion m.m.

Der etableres dog også biogasanlæg baseret på organisk affald, hvor der opnås høje koncentrationer af CH<sub>4</sub> op mod 70%, hvilket er velegnet til opgradering og introduktion i naturgasnettet:

- Der er i Audebo ved Holbæk siden 2003 behandlet organisk husholdningsaffald, som omdannes til biogas, der afbrændes til el og varme i en motor og kompost til landbruget.
- På Amagerværket er der gennemført et test- og demonstrationsprogram hvor husholdningsaffald omdannes til biogas til en kedeloverheder og en (tørt) fast brændsel til en fastbrændselskedel.

Danmark anses fremdeles som førende på biogasområdet og der vurderes at være betydelige eksportpotentialer for knowhow på området. Dog må leverancen af biogasanlæg typisk forventes at være baseret på lokal arbejdskraft.

Et stort fælles biogasanlæg (investering på 93 mio. kr.) i Danmark baseret på gylle, slagteriaffald og slam vil typisk have følgende fordeling af investeringerne:



Figur 7. Fordeling af investering på kr. 93 mio. i biogas-fællesanlæg.

Af investeringens bestanddele anses langt det meste for at komme fra danske leverandører og disses underleverandører – ingen større proceskomponenter m.m. skal leveres fra udenlandske leverandører.

Såfremt der opnås en udbygning af biogasanlæg under "VE til proces"-ordningen må det i langt overvejende grad forventes at medføre dansk beskæftigelse.

## 4.2 Udviklings- og standardiseringspotentialer

Der har de seneste 10 år pågået betydelige udviklingsaktiviteter på biogasområdet, og det vurderes, at der fremdeles skal arbejdes med at udvikle nye løsninger – dels med henblik på at billiggøre biogasløsninger, dels med henblik på at optimere anvendelse af affalds- og restprodukter fra landbrug og forskellige industrisektorer.

Specielt bortskaffelse af slam og restprodukter i erhvervslivet medfører store transportomkostninger, og metoder til lokal forgasning/afbrænding vil i fremtiden kunne være interessant ift. at reducere erhvervslivets produktionsomkostninger.

Det er dog et område med et betydeligt lovkompleks såvel som en kompleks samfundsøkonomi, og det vil føre for vidt at skitsere prioriterede udviklingstiltag inden for rammerne af dette projekt.

Det skal nævnes, at det i biobranchen anses for realistisk at mindre biogasanlæg kan standardiseres og eksporteres. Dette kunne være et konkret udviklingstiltag at støtte på området.

Udover tekniske barrierer der kan forfølges er et helt afgørende spørgsmål også hvordan for eksempel biogasløsninger kan realiseres rent finansielt. Flere store virksomheder har restfraktioner i

størrelsesordener så de kunne være selvforsynende med energi, men kan enten ikke gabe over det finansielt eller ligger uden for naturgasnettet, hvilket er en barriere ift. at sikre back-up forsyning eller afsætning af overskydende biogas i perioder uden produktion.

Således har sukkerfabrikkerne på Falster for eksempel en problemstilling, hvor store mængder biogas ikke kan afsættes uden for sukkerkampagnen, da der ikke er naturgasnet i området. At bygge et biogasanlæg der omsætte al roepulpen i kampagnen vil rent økonomisk ikke være muligt.

Der kan arbejdes videre med muligheder for at transportere biomasserestprodukter fra erhvervs-virksomheder til centrale biogasanlæg koblet op på naturgasnettet og sikre virksomhederne maksimalt økonomisk udbytte af sådanne samarbejder.

## 5 Langtidssigtede løsninger

Der har pågået talrige udviklingsprojekter inden for mere langsigtede løsningsområder.

### 5.1 Termisk forgasning

Forgasningsprocesserne er modnet en del de seneste år, og der findes i dag kommercielle leverandører af forgasningsanlæg. Der er ligeledes erfaringer fra flere fuldskala demonstrationsprojekter.

Forgasningsprocessen har den fordel, at der produceres en forgasningsgas, som efterfølgende kan afbrændes til el og varme eller anvendes til høj temperatur procesvarme.

Den store udfordring er gasrensning. Hvis forgasningsgassen skal anvendes i en konventionel motor skal den renses for tjære og partikler, hvilket er dyrt og energikrævende. I et af demonstrationsprojekterne er denne udfordring løst, og forgasningsgassen afbrændes i en motor.

Ved en indirekte afbrænding af forgasningsgassen reduceres behovet for rensning, og gassen kan anvendes i en eksempelvis Stirlingmotoren, som har et teknisk potentiale i industrien fra  $35\text{kW}_{\text{el}}/100\text{kW}_{\text{varme}}$  og op.

Der er demonstrationsprojekter i gang, hvor forgasningsprocessen afprøves i sammenspil med et eksisterende kraftværk. Her ledes forgasningsgassen direkte ind i overhederen på en kraftværksblok, og er med til at hæve ydelsen og virkningsgraden (med biomasse) på en eksisterende kraftværksblok.

Forgasningsprocessen har en berettigelse, hvor naturgas skal erstattes til forbrænding. Forgasningsgassens brændværdi udgøres primært af CO og H<sub>2</sub>, og indeholder kun 5% til 8% CH<sub>4</sub>, så det er ikke oplagt at opgradere denne og introducere den i naturgasnettet. Derfor skal forgasningsprocessen typisk etableres decentralt og kobles til lokale industrier.

Teknologien – inkl. drift af Stirlingmotorer – anses i alle tilfælde at have tilbagebetalingstider over 20 år og er derfor uinteressant for erhvervslivet.

### 5.2 Pyrolyse

Der er ikke kommercielle leverandører af pyrolyseteknologier. I dag anvendes pyrolyse i mindre skala til produktion af røgadditiver til levnedsmidler.

Men teknologien er på sigt relevant, da der er potentiale for at producere flydende brændsler til transportindustrien.

## 6 Brændsler

Der findes mange typer biomasserelaterede brændsler i Danmark:

- Træflis fra skovbruget
- Halm fra landbrugsproduktionen
- Affald fra husholdning og industri
- Træpiller fra træindustri og import
- Bark og savsmuld fra træindustrien
- Organisk affald fra haver og parker
- Energipil, elefantgræs og hamp
- M.m.

Energistyrelsens egne tal fra 2006 for danske ressourcer af biomasse angiver en tilgængelig biomasse på 125 PJ om året. Heraf bliver godt 66 % af halm ressourcerne, 84 % af træ ressourcerne og alt tilgængeligt affald udnyttet<sup>i</sup>. En ny rapport peger samtidig på, at det skulle være muligt at udnytte op til 140 PJ biomasse i 2020 uden at skade miljøet eller mindske fødevare- og foderproduktionen<sup>ii</sup>.

Det må alt andet lige vurderes, at der er visse udviklingsmuligheder ift. at effektivisere udnyttelse af forskellige brændselsprodukter i erhvervslivet.

Blandt andet har flere operatører af større roterovne til fremstilling af cement og klinke-produkter forventning om at såvel industrielle affaldsprodukter som ovennævnte brændselskilder kan anvendes som supplement til kul.

## 7 Referencer og kilder

Ovenstående opgørelser er baseret på blandt andet interviews med følgende parter:

- B&W Energi
- Babcock Wilcox Vølund
- Dall Energy
- Teislev Energy
- Kommunekemi
- Energistyrelsen
- Wienerberger
- Industri-montage
- Averhoff
- Solum
- Aalborg Portland

---

<sup>i</sup> <http://www.ens.dk/da-DK/UndergrundOgForsyning/VedvarendeEnergi/bioenergi/biomasseressourcer/Sider/Forside.aspx>  
<sup>ii</sup> <http://ing.dk/artikel/131293-formand-for-ny-dansk-bio-alliance-masser-af-traepiller-i-kraftvaerkerne-er-kun-en-overgang>