

FREMTIDENS BIOGASANLÆG

Kortlægningsprojekt for Region Midtjylland



FREMTIDENS BIOGASANLÆG
- KORTLÆGNINGSPROJEKT FOR REGION
MIDTJYLLAND er udgivet af

SEGES P/S
Planter & Miljø
Agro Food Park 15, Skejby
DK 8200 Aarhus N

Kontakt
Michael Støckler, mcs@seges.dk
D +45 8740 5408

Redaktion
Michael Støckler, SEGES
Lone Abildgaard, SEGES
Karen Jørgensen, SEGES
Erik Fog, SEGES
Niels Østergaard, SEGES
Thorkild Qvist Frandsen, AgroTech
Henrik B. Møller, Aarhus Universitet

Korrektur
Niels Østergaard, SEGES

Forsidefoto
Michael Støckler, SEGES

Januar 2016

Denne publikation må kopieres efter
aftale med SEGES P/S.

Kortlægningsprojektet	Ansvarlig	MCS
	Oprettet	04-01-2016
	Side	1 af 14

Indhold

1	Indledning.....	2
2	Erfaringsopsamling fra eksisterende biogasanlæg.....	3
2.1	Økonomi.....	3
2.2	Designkrav for øget brug af fast biomasse.....	4
2.3	Udfordringer.....	4
2.4	Biomasseerfaringer.....	4
2.5	Overvågning og styring af biogasproduktion.....	4
2.6	Erfaringer fra nationale og internationale entreprenører og leverandører.....	5
3	Opsamling af resultater med forbehandling.....	6
3.1	Snitning.....	6
3.2	Formaling.....	6
3.3	Kædeknusning.....	7
3.4	Ekstrudering.....	7
3.5	Brikketering.....	7
3.6	Steam explosion.....	7
3.7	Ensilering.....	7
3.8	Andre metoder.....	8
3.9	Konklusion.....	8
4	Nuværende og potentielle leverandører i RM.....	8
5	Økonomi ved anvendelse af restprodukter.....	10
6	Demoprojekt 1: Anvendelse af halm til biogasproduktion.....	10
6.1	Formål.....	10
6.2	Uddybning.....	10
7	Demonstrationsprojekt 2. Sand i biogasanlæg.....	11
7.1	Formål.....	11
7.2	Uddybning:.....	11
8	Yderligere aspekter der kan inddrages i demoprojekter.....	12
9	Integreret bioøkonomi-demo og udvikling i Region Midt.....	13
10	Bilag:.....	14

1 Indledning

Vækstforum i Region Midtjylland har vedtaget at iværksætte 5 kortlægningsprojekter, der skal konkretisere en kommende erhvervsindsats inden for bioøkonomi, som er et tema i Vækstforums og Regionsrådets kommende Vækst- og Udviklingsstrategi. Nærværende notat er rapporteringen for kortlægningsprojektet "Fremtidens biogasanlæg". Formålet med kortlægningsprojektet har været, at afdække udfordringer for fremtidens biogasanlæg og at konkretisere mulighederne for erhvervsvækst i Region Midtjylland, herunder udvikle og beskrive et eller flere demonstrationsprojekter på området. Udviklingen og gennemførelsen af de beskrevne demonstrationsprojekter vil være med til at udvikle nye forretningskoncepter for de involverede virksomheder og skabe grundlag for nye arbejdspladser i forbindelse hermed.

Der er en national målsætning om at anvende minimum 50 % af husdyrgødningen i Danmark til energiformål. I den igangværende strategiske energiplanlægning i Region Midtjylland lægges der op til, at op til 75 % af husdyrgødningen skal udnyttes til biogasproduktion. Med energiforliget i 2012 blev rammebetingelserne for at drive biogasanlæg forbedret markant, og der blev skabt mulighed for at afsætte den producerede biogas via gasnettet. Muligheden for at afsætte biogassen via gasnette betyder, at gassen kan distribueres og anvendes til en lang række formål som kraft, varme, transport og industri. Desuden giver afsætningen via gasnettet mulighed for at afsætte store mængder af biogas hele året rundt.

Siden energiforliget er der indført begrænsninger på de energiafgrøder, der må anvendes til tilskudsberettiget biogasproduktion på grund af bæredygtighedskriterier. I perioden frem til 31. juli 2018 må der højst anvendes 25 % energiafgrøder ved produktion af biogas, og herefter må der i perioden frem til 2021 kun anvendes 12 % energiafgrøder. (I denne sammenhæng er energiafgrøderne specificeret som majs, roer, korn, græs helsæd, kløvergræs og jordskokke rod).

Hovedparten af husdyrgødningen både fra kvæg og svineproduktion findes som gylle. Der er stor variation i kvaliteten af den producerede gylle, men generelt er vandindholdet højt, hvilket bevirker at energiindholdet er begrænset. At drive et biogasanlæg på gylle alene er derfor ikke rentabelt, hvorfor der skal andre former for billig biomasse med et højere energiindhold til for at skabe en forretning.

Region Midtjylland har en ambitiøs målsætning om at fremme anvendelsen af vedvarende energi. I forbindelse med "midt.energistrategi" samarbejder kommuner og aktører i Region Midtjylland på tværs for omstilling til et fleksibelt og energieffektivt vedvarende energisystem. Tidligere har regionen fået kortlagt de biomasser, der er tilgængelige for energiformål. Rapporten konkluderer, at der er en overskudsproduktion af halm, der med fordel kan anvendes som supplerende biomasse i biogasproduktionen.

På landsplan er halmoverskuddet omtrent 3 millioner ton/år. Hvis halvdelen af halmen blev omdannet til metan i biogasanlæg, repræsenterer denne halm en værdi på 1,2 mia. kr. (givet 150 m³ metan/ton halm, metanpris på 5 kr./m³). Der er altså en god grund til at arbejde på en bedre udnyttelse af halmen.

I Region Midtjylland er der en stor produktion af husdyrgødning, der med fordel kan anvendes sammen med halmen i biogasanlæggene. Husdyrgødningen er mindre energirig end halmen, men tilføjer næringsstoffer og sikrer den nødvendige fugtighed i reaktoren. Endelig er afgangning af husdyrgødning en miljømæssig gevinst, da afdampningen af drivhusgasser er mindre i den afgassede gylle, den har et højere indhold af tilgængeligt kvælstof og er lettere at udbringe end den friske gylle. Anvendelsen af halm og husdyrgødning er således fornuftigt både økonomisk og miljømæssigt.

Indledningsvis er der indsamlet erfaringer fra danske og udenlandske biogasanlæg. En række driftsledere, anlægsejere og producenter af udstyr til biogasanlæg er blevet kontaktet, og deres erfaringer er sammenfattet i bilag til nærværende notat. Der har været særligt fokus på indsamling af teknisk viden og

erfaring indenfor anvendelsen af de nye svært omsættelige biomasser såsom halm og græs, der anses for at kunne bidrage med store mængder relativ billig biomasse i de kommende år. De nyeste videnskabelige publikationer indenfor forbehandling af disse biomasser er gennemgået såvel som de første danske erfaringer med at indføde og omsætte disse biomasser. Desuden er en række virksomheder med interesse for biogasområdet blevet listet for at anskueliggøre det regionale potentiale blandt rådgivere, leverandører, anlæg og aftagere af gassen i regionen.

Kortlægningsarbejdet for Region Midtjylland har medført, at der er valgt at fokusere på et par af de udfordringer, som eksisterende og fremtidige biogasanlæg står overfor:

- At anvende en bæredygtig biomasse med et højt energiindhold til en konkurrencedygtig pris til biogasproduktionen.
- At håndtere de udfordringer, som biomassernes indhold af sand giver i forbindelse med drift og vedligeholdelse af biogasanlæggene.

Der er beskrevet to relevante demonstrationsprojekter, som kan igangsættes på basis af de erfaringer, der er indsamlet i projektet, og som adresserer de ovenfor nævnte udfordringer. Der kan nævnes en lang række øvrige udfordringer som fremtidens biogasanlæg står overfor, men de valgte betragtes som meget væsentlige og af betydning for de praktiske og tekniske muligheder for optimering af driften.

2 Erfaringsopsamling fra eksisterende biogasanlæg

Efterfølgende er gengivet erfaringer fra eksisterende biogasanlæg, der anvender halm, dybstrøelse og andre restprodukter (bilag 1). Elleve biogasanlæg indvilgede i at bidrage med deres erfaringer med halm, dybstrøelse og andre restprodukter. De fik tilsendt et spørgeskema, som dannede grundlag for de efterfølgende telefoninterviews. Besvarelserne er beskrevet i bilag 1, og spørgeskemaet findes som bilag 1a.

Konklusionerne fra undersøgelsen er følgende:

2.1 Økonomi

- Afgasning af dybstrøelse og lignende fast biomasse er ofte en god forretning for biogasanlæggene, selvom det er forbundet med omkostninger til håndtering og elforbrug. Specielt dybstrøelse er godt økonomisk set i forhold til andre faste biomasser, fordi anlægget modtager det gratis.
- Økonomien i andre biomasser (planteprodukter) er vanskeligere, fordi anlæggene skal betale en pris for disse produkter, der mindst svarer til deres alternative værdi som foder el. lign. Udgifter til lagerplads skal også regnes med. Oven i den direkte indtjening på biogasanlæggene skal lægges værdien af det forbedrede gødningsprodukt, der kan sikre gødningsbesparelser og gode udbytter på de tilknyttede landbrug.
- De fleste fraråder at investere i forbehandlingsteknologi til fast biomasse, der ofte er kostbart i investering og især i drift og vedligeholdelse. I stedet anbefaler de et biogasanlæg med lang opholdstid og robust indfødning og omrøring. Biologisk forbehandling (kompostering/ensilering) ser også lovende ud.
- Brikketering er velegnet til tørt halm, men vurderes at være for dyrt, og det binder anlægget til at anvende tør og dyr halm.
- Biogasanlægget skal være konstrueret, så vedligehold og reparationer kan udføres enkelt og økonomisk.

2.2 Designkrav for øget brug af fast biomasse

- Der findes en række biogasanlægstyper, der kan håndtere store mængder fast biomasse. Det kræver et grundigt forarbejde at vælge det rette biogasanlæg til et givent biomassegrundlag.
- Biogasanlæg til afgang af faste biomasser skal være indrettet enkelt og robust og med lang opholdstid.
- Flere af anlæggene har et velfungerende system til indfødnings, hvor de faste biomasser blandes med gylle eller recirkuleret væske fra anlægget i en blandetank med kraftig omrøring. En anden simpel mulighed er at køre den faste biomasse direkte ind i biogasreaktoren med en snegl.
- Høje reaktorer med centeromrørere er mere følsomme for flydelag, som skal undgås, end lavere reaktorer med andre typer omrørere. De fleste bruger flere neddykkede propelomrørere, men der er også flere, der bruger gasmix-omrøring og en enkelt, der har storpadder i reaktoren.
- Ældre biogasanlæg er typisk designet til håndtering af gylle og flydende biomasser og er ikke egnet til at håndtere de faste biomasser.
- Anlægget bør designes til en opholdstid på 40-100 dage. Næsten alle anlæg har forlænget opholdstiden ved at bygge ekstra tankkapacitet.

2.3 Udfordringer

- Fremmedlegemer som sten, jern og bindegarn er en udfordring specielt ved anvendelse af dybstrøelse og halm. Det skal håndteres dels ved høj disciplin hos leverandørerne, dels ved at lade fremmedlegemerne bundfælde i en blandetank, før det pumpes ind i reaktoren.
- Faste biomasser tilstopper let varmevekslere. Biomasserne bør opvarmes på anden vis.
- Tør halm er vanskelig at anvende, da de fleste forbehandlingsteknikker har en lavere kapacitet med tør halm.
- Tør halm kan give anledning til dannelse af flydelag. Lagdelingen mindsker gasdannelsen, øger energiforbruget og kan ultimativt føre til driftstop.

2.4 Biomasseerfaringer

Anlæggene har erfaring med en række andre faste biomasser end dybstrøelse, hvor græsensilage (af lav foderværdi) er det mest hyppige. Halm og frøgræshalm er der også erfaring med. Der er erfaringer med at bjærge fugtig halm på marken (finsnitning af halmstreng), forkompostering med dybstrøelse i nogle dage, opfugtning og efterfølgende ensilering samt opblanding med fugtige biomasser i en foderblander/biomixer. Der er også interesse for et system med ensilering af halm sammen med efterafgrøder, men der er en række udfordringer, der skal løses, før et sådant system kan få større udbredelse.

2.5 Overvågning og styring af biogasproduktion

Annastyr projektet er gennemført af Envidan Energy og har haft til formål at medvirke til udviklingen af et værktøj til at kunne overvåge og styre biogasproduktionen på renseanlæg og biogasanlæg. Projektet er støttet af EUDP.

Hidtil har renseanlæggenes primære formål med anaerob udrådning været at reducere slammængden og sekundært at producere energi, mens biogasanlæggene har fokus på at producere gas og dermed energi. Renseanlæggene har dog under indflydelse af den energipolitiske målsætning om accelereret udfasning af fossile brændsler fået øget fokus på energiproduktionen. Dermed har de 2 brancher inden for biogasproduktion ændret sig fra at have forskellige formål til at have et mere ens fokus.

Det generelle billede i dag er, at rådnetankene drives uden nogen form for onlinestyring. Procesovervågningen begrænser sig sædvanligvis til pH, flow- og temperaturmålinger. Herudover foretages manuelle målinger af fx tørstof.

Der blev i sommeren 2014 udført en kortlægning af eksisterende drift og bestyknings på biogasanlæg. Konklusionen var, at der ikke anvendes onlinestyring af anlæggene, fordi de muligheder, der findes på markedet er begrænset, bl.a. fordi de biomasser, som udrådnes på anlæggene ofte er komplekse og inhomogene og derfor svære at udføre online-målinger på.

Der er i projektet testet mulige online sensorer, og samtidigt udviklet et værktøj til forecast på gasproduktionen, baseret på de data som anlæggene allerede registrerer.

Modellen tager afsæt i:

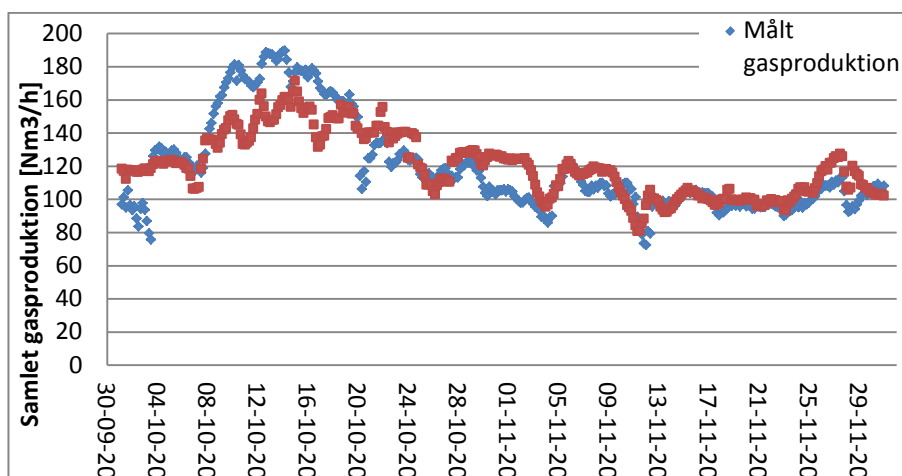
- Fraktionsopdelt biomasse, således at der tages hensyn til at biomasse opblandes og forsinkes igennem anlægget ved bl.a. ophold i modtagetanke og blandetanke.
- Differentiering af biogasproduktionen for de enkle biomasser, således at der tages hensyn til gasudviklingen for forskellige biomasser.
- Differentiering af omsætningshastighed og timelag. Nogle biomasser starter tidligt og omsætter hurtigt, andre er længere om at gå i gang eller om at omsættes.
- Estimering af gasproduktion baseret på tre variable (hastighed og timelag for gasudvikling samt max produktion), som finjusteres for de mangeartede biomasser på anlæggene, således at den beregnede samlede biogasproduktion rammer den faktiske.

Datagrundlaget inkluderer:

- Online-måling af flow og mængder ind/ud af tanke og reaktorer
- Leverede biomasser (foderplan)
- Tilpasset estimering af det specifikke gasudbytte

Model for gasproduktion

Ud fra en simpel modelbeskrivelse af tilført materiale har det været muligt at modellere den producerede gasproduktion tilfredsstillende:



Figur 1 Sammenligning af den målte og beregnede gasproduktion.

Projektets næste skridt kan være, at modellere biomasseindtag og gasproduktion for biogasanlæg, og teste, om der med fordel kan tilknyttes onlinedata fra f.eks. pH, temperatur og ledningsevne.

2.6 Erfaringer fra nationale og internationale entreprenører og leverandører

De mest kendte og dermed allerede implementerede metoder til behandling af faste biomasser er gennemgået, og erfaringer er indhentet dels ved de ovennævnte interviews og dels gennem erfaringer indsamlet gennem de seneste år fra brugere såvel som leverandører af komponenter, der indgår i håndte-

ring og forbehandling. Målet har været at finde de mest effektive og simpleste forbehandlingsmetoder og økonomien i anvendelsen af disse.

Sammenfattende kan det noteres, at mekanisk forbehandling af biomasse synes at være en effektiv hjælp til at forbedre især halms vandsugende egenskaber. Dette har betydning for, hvor hurtigt bakterier kan omsætte halm til biogas.

Der er imidlertid tegn på, at den mekaniske forbehandling ikke nødvendigvis forøger den opnåede biogasproduktion, med mindre den mekaniske behandling, som for ComBigaS anlægget, er gentaget og mekanisk intens.

Herudover synes der at være en effekt af at blande halm og majs til ensilering. Dette kan give en biogasproduktion fra halmen, der kan være tæt på biogasproduktionen fra majs. Idet halm kan kombineres med anden plantemasse end majs, og eventuelt også med kildesorteret organisk husholdningsaffald med videre, synes dette at være en interessant, kommende teknik til forøgelse af biogasproduktionen fra halm.

Af tekniske processer til forøgelse af biogasproduktionen kan nævnes termisk behandling ved temperaturer over cirka 70 °C. Ved brug af varmevekslere kan sådanne processer samtidig udnyttes som hygiejniserings-proces, hvorved den samlede masse kan benyttes uden veterinære restriktioner. Hydrolyse såvel ved cirka 75 °C som ved op til 180 °C er vist at kunne forøge biogasproduktionen betydeligt.

På basis af fuldskalaerfaringer kan det derfor anbefales at tænke videre på:

- Sam-ensilering af halm og grøntmasse, madaffald med videre
- Kombineret hygiejniserings og hydrolyse
- Mekanisk neddeling af fibermasse ved samtidig omrøring i reaktortanke

som de processer, der synes at være mest fremtidsbetonede.

3 Opsamling af resultater med forbehandling

Der er foretaget en opsamling af nationale og internationale analyser og forsøg gennemført med forbehandling af biomasser og de resulterende biogasudbytter (bilag 2).

Græs og forskellige halmtyper er biomasser som ofte et restprodukt, der kan skaffes billigt. Det kan lagres, så biogasanlæggene kan forudse hvor meget biomasse, der er tilgængeligt, og kvaliteten kan forudsiges. Brug af græs og halm i biogasanlæg kræver dog nogle anlægsændringer for at sikre opblanding, undgå flydelag, nedbryde lignocellulosen og for at optimere gasudbyttet. I bilag 2 er en række forbehandlingsmetoder fra ind- og udland blevet beskrevet. Der er fokus på de forbehandlingsmetoder, der er markedsparate, eller som allerede findes på eksisterende biogasanlæg. Gennemgangen af forbehandlingsmetoderne er afsluttet med en tabel (bilag 2a) over forventede effekter på metanproduktionen ved forskellige forbehandlingsmetoder. Nedenfor er gengivet et kort resume.

3.1 Snitning

Snitning er en af de simpleste og billigste forbehandlinger. Den sikrer at biomassen findeles, så den er lettere at opblande, og da biomassen får et større overfladeareal, er den mere tilgængelig for de bakterielle enzymer. Biomassen kan eksempelvis snittes med en snittepumpe, før den tilføres anlægget.

3.2 Formaling

Formaling kan ske i en hammermølle. Biomassen bankes i stykker, indtil den kan passere et sold/filter. Den er billig i investering, let at betjene og kan bruges til forskellige biomasser. Den kan forventes at øge

gasudbyttet med op til 10 %. Effekten er størst i reaktorer med kort opholdstid. Energiforbruget for selve hammermøllen ligger omkring 30 kWh/ton, dertil lægges 40 kWh/ton til opriver. Energiforbruget stiger med faldende partikelstørrelse og øget vandindhold i biomassen.

3.3 Kædeknusning

Kædeknusning forgår i et cylindrisk kammer, hvor to roterende stålkæder findeler biomassen. To typer dominerer markedet; BioQZ fra Mewa og X-chopper fra Xergi. Ligesom for hammermøllen ses den største effekt ved kort opholdstid, og merudbyttet afhænger af biomasse og reaktor. Der er vist effekter på 7-27 %, men det er også set, at effekten forsvandt i bachkulturer efter 20-30 dages inkubation. Energiforbruget ligger på 8-14 kWh/ton.

3.4 Ekstrudering

Ved ekstrudering føres biomassen ind i et rør med snekkeskruer. Her udsættes den for friktionsvarme og neddeling. Biomassen presses videre gennem en ganske lille åbning for enden af røret. Her udsættes den for et kraftigt træk og trykfald. Behandlingen er så hård, at udover at biomassen findeles, så brydes også lignocellulosestrukturen i biomassen. Lignocellulosen er normalt meget svær at nedbryde. Biomassen med et højt indhold af lignocellulose, såsom halm og græs, kan derved give langt mere energi i reaktoren efter behandling. Anlægspris, drift og energiforbrug (ca. 110 kWh/ton) er dog meget højt, og selvom gasudbyttet for halm kan øges 10-70 %, er investeringen kun interessant for store anlæg med et højt input af lignocelluloserige biomasser.

3.5 Brikketering

Halm er den eneste biomasse, der brikketeres. Halmen findeles og ledes ind i et kammer. Et stort stemplet trykker halmen sammen med stor kraft, og når stemplet trækkes tilbage, falder trykket. Trykændringerne og varmen nedbryder strået og lignocellulosen. Merudbyttet ligger på niveau med ekstrudering, men energiforbruget er lavere (ca. 80 kWh/ton). Brikketering er interessant for store anlæg. De sammenpressede briketter har en meget større massefylde end halmballer, og omkostningerne til lagring kan reduceres. Hvis der laves decentrale brikketeringsstationer i områder med meget halm, eller der anvendes en mobil brikketeringsmaskine, kan der desuden spares væsentlig på transportomkostninger over større afstande.

3.6 Steam explosion

Steam explosion er som ekstrudering og brikketering en kombination af trykfald og varme og nedbryder lignocellulose. En nærmere beskrivelse findes i bilagsnoten. Det er en relativt dyr forbehandling, der giver et merudbytte 16-20 %. Kapacitet og spildvarme skal udnyttes, for at anlægget bliver rentabelt. Det er derfor kun interessant for store anlæg.

3.7 Ensilering

Ensilering er en kombineret lagrings- og forbehandlingsmetode. Under ensileringen nedbrydes nogle af de mere komplekse sukre til frie sukre, men der forbruges også sukker ved ensileringen. Idéen er, at der dannes mere energi, end der forbruges. Samensilering af roer og halm kan mindske den energirige saft-afløb fra roerne, og endelig stabiliserer ensilering biomassen efter få uger, så den kan lagres uden yderligere væsentlig lagertab. Halm kan også samensileres med efterafgrøde, hvor kornet høstes med ribbehøst, mens halm efterlades på marken. Halm og efterafgrøde høstes og ensileres dernæst samlet. Dybstrøelse bør også behandles som ensilage og opbevares i en pakket og overdækket stak. Merudbyttet ved ensilering afhænger meget af biomassen, dens sukkerindhold, håndteringen og lagringen, og der kan snarere tales om en væsentlig begrænsning af tab end en forøgelse af biogasudbyttet.

3.8 Andre metoder

Udover de nævnte metoder er der forsøgt en række andre metoder i laboratorieskala, som har vist sig at have kortvarig effekt (tilsætning af mikroorganismer eller enzymer), som giver uønsket side-produkter eller skaber korrosion (organo-solv, syrebehandling), som er meget dyre (ozonbehandling) eller svære at skalere op (behandling med base). I rapporten såvel som noten er kun de forbehandlings-metoder, der har det største potentiale, og som allerede er markedsparate, blevet beskrevet.

3.9 Konklusion

Hvilken forbehandlingsmetode, der er den bedste, afhænger af reaktorstørrelse, reaktordesign, økonomi og ikke mindst biomassesammensætning. Ofte vil det for de mindre anlæg bedre kunne betale sig at finde halmen og udvide tankkapaciteten, så opholdstiden bliver lang. For de større anlæg, særligt med et stort forbrug af halm, vil en række af de mere avancerede forbehandlingsmetoder være en god investering.

4 Nuværende og potentielle leverandører i RM

Der er foretaget en sammenstilling af relevante nuværende og potentielle leverandører i Region Midtjylland af teknologi og af tekniske muligheder (bilag 3). Der findes en lang række virksomheder i Region Midtjylland, der kan deltage i gennemførelsen af det foreslåede demonstrationsprojekt. En række af de virksomheder, der kan deltage i gennemførelsen af projektet, er nævnt i bilaget.

Der er blevet udfærdiget en oversigt over relevante firmaer i regionen, som kan bidrage med rådgivning i forbindelse med planlægning, opførelse, udvidelse og drift af biogasanlæg. I samme note findes også lister over entreprenører til total entreprise og over leverandører af delkomponenter. Endelig er der en liste over firmaer, der yder service på anlæggene.

I bilaget findes desuden en liste over eksisterende og planlagte biogasanlæg i Region Midtjylland. Der er i alt 29 biogasanlæg i drift, 9 planlagte biogasanlæg og 3 anlæg, der er planlagt, men hvor det stadig er usikkert, om de bliver opført. Anlæggene varierer i behandlingskapacitet fra 2.000- 945.000 ton biomasse/år. De nuværende anlæg forventes at have en samlet kapacitet på 2.7 mio. ton/år, de sikre planlagte anlæg vurderes til yderligere 1.6 mio. ton, og de resterende anlæg vurderes til 0.3 mio. ton.

Gassen, der produceres på anlæggene, kan enten omsættes til el og varme i en motor, eller den kan opgraderes og sendes ud på naturgasnettet. For at kunne afsætte biogassen skal biogasproducenterne indgå aftaler med de gasdistributionsselskaber, der ejer naturgasnettet i det pågældende område. I Region Midtjylland findes følgende gasdistributionsselskaber: Aalborg Gasforsyning, Dong Gas Distribution, HMN Naturgas og NGF Nature Energy Distribution. Udover at distribuere gassen investerer selskaberne i biogasanlæg eller opgraderingen af biogassen på disse. E.ON investerer også i biogasproduktion og opgradering i Danmark, men modsat HMN og NGF ejer de ikke distributionsnet, men de er interesserede i gassen til transportformål. Det statslige transmissionsselskab Energinet.dk har udviklet en markedsmodel, der gør det muligt at distribuere og sælge biogassen på naturgasnettet. Modellen beskriver blandt andet en tilslutningsaftale, der indeholder vilkår for tilslutning herunder forventet kvalitet, mængde, betalingsaftale m.m.

De foreslåede demonstrationsprojekter vil kunne generere ny og øget økonomisk omsætning på flere områder:

- Øget gasproduktion på eksisterende biogasanlæg ved indfasning af halm som biomasse
- Nye biogasanlæg baseret på halm og husdyrgødning
- Leverancer af udstyr til eksisterende og nye biogasanlæg
- Merindtjening i landbruget ved leverance af mere halm til energiformål

Værditilvækst på eksisterende anlæg

Der er pt. 29 biogasanlæg i drift i Region Midtjylland, som omsætter 2,66 mio. tons biomasse årligt.

Hvis det antages, at den nuværende drift med en stor andel gylle producerer 50 m³ metan pr. ton tilført biomasse, giver det en samlet årlig produktion på 133 mio. m³ metan. Med en metanpris på 5 kr. pr. m³ svarer det til 665 mio. kr. i gassalg pr. år.

Antages det, at der kommer en øget anvendelse af halm i de eksisterende biogasanlæg på 500.000 tons om året (ca. 20 % ekstra biomasse), og gasproduktionen pr. tons halm er 150 m³, vil halmomsætningen generere et øget gassalg på 375 mio. kr. årligt svarende til en forøgelse på 56 %.

Nye biogasanlæg

Der er pt. planer for 12 nye biogasanlæg i Region Midtjylland. Antages det, at demonstrationen af god økonomi i anvendelse af halm til biogas får sat gang i disse planlagte anlæg plus en række nye, vil det ikke være urealistisk, at der inden for en kortere årrække kommer 20 nye anlæg.

Hvis disse 20 anlæg i gennemsnit omsætter 100.000 tons biomasse, hvor halm udgør en vigtig andel, således at der kan produceres ca. 100 m³ pr. tons tilført biomasse, vil disse nye anlæg have et årligt gassalg på ca. 1 mia. kr.

Leverancer af udstyr og service til udvidelser, ombygning og nyetablerede biogasanlæg

Det vil kræve en række ændringer på de eksisterende anlæg at omstille produktionen til udnyttelse af halm, ligesom nyetablering af anlæg naturligvis indebærer investering af en hel række tekniske komponenter.

Som det fremgår af bilag 3, er der en lang række virksomheder i Region Midtjylland, der kan levere både udstyr og service til biogasanlæg.

Hvis det antages, at 15 af de eksisterende anlæg bygger om for i gennemsnit 5 mio. kr. pr. anlæg, og at halvdelen af dette arbejde udføres af leverandører i Region Midtjylland, vil det svare til en øget økonomisk omsætning i regionen på 37,5 mio. kr.

Hvis der også etableres 20 nye anlæg og disse i gennemsnit har en anlægspris på 100 mio. kr., hvoraf halvdelen leveres fra virksomheder i Region Midtjylland, vil det skabe en omsætning på 1 mia. kr.

Endelig medfører den udvidede biogaskapacitet et øget behov for service og rådgivning.

Hvis det antages, at 2/3 af denne service og rådgivning leveres af virksomheder i Region Midtjylland, og at de ombyggede anlæg køber ekstra serviceydelser for 20.000 kr. årligt i gennemsnit, vil det for de 15 ombyggede anlæg betyde en øget økonomisk omsætning på 200.000 kr. årligt. Hvis det tilsvarende antages at de nye anlæg køber serviceydelser for 100.000 kr. årligt, vil de 20 nye anlæg give en ekstra omsætning i regionen på 1,3 mio. kr.

Ekstra halmværdi

For de landmænd, der skal levere halmen til biogasproduktionen, kan det antages, dels at halmen vil komme fra lokale landmænd i regionen, dels at det vil være halm, der før blev nedmuldet og nu sælges til biogasanlægget for 50 øre pr. kg.

Hvis det antages, at der i alt vil blive tilført 900.000 tons halm til biogas årligt, vil det give en ekstra indtjening til de involverede landmænd på i alt 450 mio. kr. årligt.

Dertil kommer den gevinst landmændene vil få af en bedre gødningsværdi, som den afgassede gødning har i forhold til den uomsatte husdyrgødning og halm.

Samlet set er der således mulighed for meget betydelig ekstra økonomisk omsætning i Region Midtjylland på omkring 4 mia. kr., hvoraf omkring to tredjedele vil være årligt i form af gassalg, service og halmleverancer.

5 Økonomi ved anvendelse af restprodukter

Biomassesammensætningen har stor betydning for, hvor stor biogasproduktionen er, da der er stor variation i gasudbyttet per ton biomasse. Der gives i bilag 4 tre eksempler på biomassesammensætning og det resulterende biogasudbytte.

Produktionen af biogas har i de sidste mange år været baseret på husdyrgødning. Husdyrgødning er primært gylle (flydende gødning) fra mælkekvæg- og svinebesætninger, men inden for de seneste 2-3 år er interessen for anvendelse af bl.a. dybstrøelse, et miks af gødning og halm, stigende. Årsagen til den stigende interesse for anvendelse af dybstrøelse og halm er, at de indeholder mere biogas pr. ton biomasse.

Ved anvendelsen af faste biomasser som halm og dybstrøelse til biogasproduktion er der principielt flere muligheder for at udnytte gaspotentialiet i biomassen enten ved at indføre en forbehandlingsmetode eller ved at øge opholdstiden i biogasreaktoren. Der skal foretages en afvejning af, om omkostninger ved en forbehandling kan modsvares af en større tankkapacitet. I bilag 4 er foretaget nogle beregninger, som bl.a. belyser dette.

Ud fra de oplysninger der er på nuværende tidspunkt vedr. omsætning af halm i biogasprocessen, er det vanskeligt at sige, om det er økonomisk rentabelt at foretage en forbehandling. Usikkerheden i forsøgene kontra de resultater, der registreres på de store biogasanlæg, gør, at behandlingseffekten af halmen afhænger af, hvordan biogasanlæggene hver især tilrettelægger processen og procedurerne.

Der er således god grund til at foretage nogle demonstrationsforsøg i fuldskala, der kan belyse den samlede økonomi i anvendelsen af halm og faste biomasser, og hvorledes økonomien i dette kan optimeres.

6 Demoprojekt 1: Anvendelse af halm til biogasproduktion

6.1 Formål

Formål: At vise hvorledes halm og husdyrgødning kan anvendes i biogasproduktionen, således at det både er en forretning for biomasselevandører, teknologileverandører og biogasproducenter.

6.2 Uddybning

Traditionelt er halm ikke blevet anvendt i større mængder i biogasanlæg. Det skyldes, at der er nogle tekniske udfordringer i, at få halmen ført ind og omsat i biogasanlæg. For at sikre en god omsætning af halmen skal den enten forbehandles, eller opholdstiden i reaktoren skal være tilstrækkelig lang. Derudover skal halmen findeles for at undgå tilstopninger af rør og flydelagsdannelse. I bilag 5 er forskellige forbehandlingsteknikker beskrevet, og som det ses, findes der mange forskellige muligheder.

Demonstrationsprojektet skal i samarbejde med tre eksisterende biogasanlæg undersøge forskellige teknikker til håndtering og udnyttelse af halm og husdyrgødning til biogasproduktion. Der er fokus på små og mellemstore anlæg og ikke omkostningstunge teknikker. Det undersøges, hvor store mængder halm, der kan anvendes på de pågældende anlæg og hvor stort et gasudbytte, der kan opnås med halmen. Erfaringerne og økonomien i teknikkerne skal beskrives og gøres tilgængeligt. Der vil også blive arrangeret rundvisninger, hvor de nye tiltag demonstreres og diskuteres.

En del besætninger med sohold har et meget lavt indhold af tørstof i gyllen. Dermed kan der kun produceres meget lidt biogas, og transporten af vandet er uøkonomisk. Ved at tilsætte halm til sogyllen før indtransport forventes den at være lettere at håndtere på biogasanlægget, og der kan transporteres mere tørstof per transport til biogasanlægget.

Der er foreslået tre biogasanlæg beliggende i regionen til demonstrationsprojekterne. De er valgt ud fra størrelse og forskelligheder i omrøring og dosering: Et har en stor forblandetank med snittepumpe og hovedtank omrøres med gas-mix, et anlæg har doseringsanlæg, der kan oprive halmen, og hovedtanken omrøres med storpadder, og det sidste har mekanisk blandeanlæg og neddykkede omrørere.

Følgende teknikker ønskes afprøvet. Den endelige udformning afhænger dog af aftale med værtsanlæggene:

- 1) Halm oprives og tilføres gyllefortanken på en sobesætning med tyndt gylle
- 2) Halm oprives og tilsættes direkte til fortanken på et biogasanlæg
- 3) Halm komposteres kortvarigt sammen med fiberfraktionen eller med grøn biomasse
- 4) Halmen samensileres med grøn biomasse

Demonstrationsprojektet er yderligere beskrevet i bilag 5.

7 Demonstrationsprojekt 2. Sand i biogasanlæg

7.1 Formål

Formål: At finde metoder til at håndtere de store mængder sand, der tilføres biogasanlæggene, når kvægbønder overgår til sand i sengebåse samt at finde et alternativ til brugen af sand.

7.2 Uddybning:

Kvæggylle er en væsentlig biomasse i de fleste biogasanlæg. Med kvæggyllen tilføres der naturligt en mængde sand, der stammer fra jord på dyrenes klove, fra slid på betongulve og fra foderet. I løbet af den seneste tid er flere kvægbønder begyndt at anvende sand i staldenes sengebåse af hensyn til mælkeproduktion, liggekomfort og yversundhed. Der forventes derfor en væsentlig større mængde sand i kvæggyllen end tidligere. I en tankvogn kvæggylle fra et kvægbrug, der anvender sand i sengebåse, kan der være op mod 3 ton sand. Sandet omsættes ikke i biogasreaktoren. I stedet udfældes det, hvor biomassen står stille eller oprøres mindre kraftigt, typisk i fortanke og efterlagringstanke. Derudover slider det på pumper og udstyr, og med tiden vil der også ske udfældninger i reaktortanken. Det er dyrt og besværligt at fjerne sandet, og anlæggene vil typisk afvise gylle med højt sandindhold.

For at kunne anvende kvæggylle med sand er det nødvendigt at fraseparere sandet og samtidig bibeholde det organiske materiale fra gyllen, som gerne binder sig til sandet. En simpel udfældning er derfor ikke tilstrækkelig. Der findes to teknologier på det danske marked; en cyklonseparator og en sandvasker. Et af målene med dette projekt er at dokumentere effektiviteten af de to teknologier.

En anden mulighed er at finde et materiale, der kan erstatte sand i sengebåse, men som har de samme gode egenskaber med hensyn til liggekomfort, mælkeydelse og yversundhed. Et andet mål med projektet er at afprøve fiberstrøelse som erstatning for sand i liggebåse.

En tredje mulighed er at nedbringe omkostningerne ved fjernelse af sand fra fortanke, efterlager og reaktortank. Selv med nedbringelse af sandmængderne fra gylle vil der stadig tilføjes noget sand fra gyllen samt fra andre biomasser. Et beregningsværktøj, der kan optimere tidspunktet for fjernelse af sand, vil være en økonomisk fordel. Med værktøjet undgås, at tankene ikke åbnes hyppigere end nødvendigt. Et planlagt driftsstop gør det lettere at planlægge midlertidig lagring af den øvrige biomasse, midlertidigt stop af leverancer og sikre den nødvendige arbejdskraft og materiel til at håndtere driftstoppet og tømningen af tankene.

Følgende teknikker ønskes derfor afprøvet:

- 1) Afprøvning af en AL-2 cyklonseparator på kvæggylle fra stald med sandstrøelse
- 2) Afprøvning af Opicon sandvasker til kvæggylle fra stald med sandstrøelse
- 3) Afprøvning af fiberstrøelse som erstatning for sand i sengebåse
- 4) Udvikling af et værktøj til planlægning af økonomisk optimalt tidspunkt for sandfjernelse

Ad 1) Virksomheden AL-2 Agro forhandler en cyklonseparator, der ved hjælp af en centrifugalkraft separerer sandet fra gyllen idet væske og organisk materiale slynges gennem et filter, og sandet udfældes i bunden af cyklonen. AL-2 Agro forventer at fjerne 80-98 % af sandet fra gyllen, alt efter hvor kraftig behandlingen er. Cyklonseparatoren ventes opsat på et kvægbrug, der anvender sandstrøelse, således at sandet kan genbruges. AL-2 Agro har bekræftet, at de gerne deltager i et demonstrationsprojekt.

Ad 2) Virksomheden Opicon forhandler en sandvasker, der fungerer efter samme princip som AL-2 Agros cyklonseparator og med en tilsvarende forventet effektivitet. Den ønskes testet på lige fod med AL-2 modellen for at kunne vurdere og sammenligne effektivitet, energiforbrug og samlet økonomi.

Ad 3) Anvendelsen af sand i liggebåsene er foretrukket, da sandet giver en højere liggekomfort, der resulterer i en højere mælkeydelse. Samtidig giver sand, fremfor madrasser og strøelse, færre yverbetændelser, lavere celletal i mælken og en forbedret ben-sundhed. Hvis sandet ikke kan frasepareres gyllen tilstrækkeligt til, at gyllen kan anvendes i biogasanlæggene, vil biogasanlæggene fremover ikke kunne modtage denne gylle. Derfor vil det være attraktivt for biogasanlæggene at kunne tilbyde et alternativ til sandet. Firmaet Jørgen Hylgaard Staldservice forhandler et anlæg med kombineret gylleseparator og tromlekompostering. Vi ønsker at fremstille en varmebehandlet fiberfraktion fra den afgassede biomasse, som således er hygiejniseret og relativt tørt. Vi forventer, at denne strøelse kan anvendes i stedet for sandet og ønsker at teste anlæggets kapacitet, produktets kvalitet og dokumentere økonomien. Samtidig ønsker vi at afprøve produktet i stalden for at undersøge forskellen mellem anvendelse af strøelse fremfor sand som lejemateriale.

Ad 4) Selvom teknikkerne beskrevet i 1-3 skulle være i stand til at fjerne en stor del af sandet i kvæggyllen, vil der stadig være noget sand tilbage, ligesom der kommer sand ind med øvrige biomasser såsom husdyrgødning og plantematerialer. Sandet vil sedimentere i reaktorer såvel som fortanke og efterlagringstanke, og fjernelse af sandet er dyrt og vanskeligt. Et utilsigtet driftstop kan resultere i, at reaktoren skal lukkes ned, tømmes for aktiv biomasse og dernæst for sand. At få bioreaktoren til fuld drift igen kan tage flere måneder. Det er derfor vigtigt at kunne forudsige behovet for tømning for at kunne planlægge driftstop med færrest mulige omkostninger. Vi ønsker at udvikle et værktøj, der kan forudsige behovet for tømning ud fra biomassesammensætningen og forventet sandindhold. Beregningsværktøjet vil ikke nå at blive verificeret i demonstrationsperioden, men vil blive afprøvet på et antal biogasanlæg, og driftslederne vil give deres bedømmelse af værktøjets værdi for planlægningen.

Demonstrationsprojektet er yderligere beskrevet i bilag 6.

8 Yderligere aspekter der kan inddrages i demoprojekter

Husholdningsaffald

Som et tredje forslag kan kort nævnes et demonstrationsprojekt inden for nyttiggørelse af affald fra husholdningerne, storkøkkener og fra detailhandlen som suppleringsbiomasse i gyllebaserede biogasanlæg. Formålet er at demonstrere forskellige koncepter til at sortere plastik og andre uønskede fraktioner ud af det organiske affald og sikre en effektiv forsyningskæde fra affaldskilde til biogasanlæg. Som led i et sådant projekt kunne udvikles og demonstreres en løsning på barriererne med brug af afgasset biomasse som gødning på marker, der bruges til kvægfoder. I dag ønsker mejeribranchen ikke, at mælkeprodu-

centerne giver kørerne foder, som er dyrket på marker, hvor der brugt afgasset biomasse fra biogasanlæg, der bruger organisk affald i energiproduktionen.

Nogle relevante midtjyske virksomheder, som kunne inddrages, var Daka Refood og Horsens Bioenergi. Hertil kommer diverse virksomheder fra resten af Danmark med løsninger indenfor dette emne. Herved er der også mulighed for at lave en kobling til et af de 5 andre kortlægningsprojekter igangsat af Region Midt: Cirkulær Økonomi og udnyttelse af øko-fødevarerspild fra storkøkkener.

Overvågning og varsling

Med den nuværende drift og begrænsede styring af biogasproduktionen ses der et stort potentiale for at kunne optimere udrådningen af biomasse og dermed øge gasproduktion, ved anvendelse af systematisk overvågning og varsling. Biogasanlæggene har et ønske om i højere grad og mere præcist at kunne regulere og forudsige gasproduktionen både for at kunne tilpasse produktion til afsætning, og for at kunne optimere udbyttet fra råvarerne. Dette kunne opnås ved it-baserede løsninger til drift og overvågning af processer og anlæg. En af løsningerne kunne være en overbygning på anlæggets normale styring, regulering og overvågning (SRO) som præsenterer driftsdata og styringsværktøjer til biogasanlæg. Et sådan værktøj vil kunne bidrage til at give driftspersonalet overblik og et redskab til optimering af den anaerobe proces.

9 Integreret bioøkonomi-demo og udvikling i Region Midt.

I dette afsnit er beskrevet, hvorledes demoprojekter om fremtidens biogasanlæg kan spille sammen med øvrige demonstrationsprojekter, der er belyst i de fem kortlægningsprojekter, som Region Midtjylland har iværksat.

Region Midt har bevilget midler til fem kortlægningsprojekter vedr. bioøkonomi, hvoraf de fire kan ses i sammenhæng. Nedenstående beskrivelse tages som meget foreløbig og vil kunne udbygges, når rapporter for alle kortlægningsprojekter er fremlagt.

De fire projekter er:

- *Græs og hestebønner som foderprotein til bæredygtigt svinekød*

Formål: Kortlægge mulighederne for at udvikle nye værdikæder og forretningsmodeller for produktion af protein til svinefoder, hvor proteinet er baseret på danske afgrøder.

- *Cirkulær økonomi af øko-fødevarerspild fra storkøkkener*

Formål: At undersøge, hvordan storkøkkener kan få en forretning ud af at frasortere og udnytte spild fra økologisk tilberedning til økologisk gødning, som er en mangelvare.

- *Fremtidens Biogasanlæg (nærværende projekt)*

Formål: At indsamle eksisterende teknisk og økonomisk viden og erfaring i forbindelse med anvendelsen af restprodukter til biogasproduktion og desuden at skabe overblik over erhvervsmulighederne inden for området i Region Midtjylland. Endvidere er formålet at udvikle og beskrive demonstrationsprojekter, som kan afdække tekniske og økonomiske forhold i forbindelse med den fremtidige biogasproduktion, således virksomhedernes muligheder for at skabe forretning understøttes.

- *Råvarerspild hos frugt- og grønsagsproducenter*

Formål: At kortlægge mængder og typer af spild hos en række frugt- og grønsagsproducenter. De grimme og uens frugter og grøntsager kan måske udnyttes.

Mulige faglige interaktioner/synergier:

Fremtidens Biogasanlæg peger bl.a. på halm, dybstrøelse og husholdningsaffald som 'nye' biomasser, som har behov for nye forbehandlingsteknikker. Det skal ikke være de energiintensive metoder som ekstrudering, hammermølle, brikettering osv, men i stedet lavteknologiske metoder som fx samensilering og/eller samkompostering af halm og grønne græs-fibre og lignende. Indfødningsystemer og røresystemer er teknologiske aspekter af demo.

Græs og hestebønner som foderprotein vil foreslå demoprojekter på hhv. central og decentral skala. Den Centrale model involverer sandsynligvis ledige raffineringsfaciliteter uden for kartoffelkampagnen hos KMC. De vil være et tæt samspil til eksisterende projekter som Biobase, Biovalue, Multiplant og OrganoFinery. Produkterne fra raffinering er fældede græs og kløver-proteiner, en 'grøn' fiberfraktion (fx til biogas) og en sukkerholdig væske (fx til biogas eller fødevaringredienser). Endvidere vil projektet foreslå, at hestebønner afskalles før foderanvendelse (bedre fordøjelighed), og skallerne raffineres for saponiner. Hestebønnehalmen kan indgå i biogas anlæg.

Cirkulær økonomi af øko-fødevarerspild har biogas som kerne koblet sammen med værdifuld substratproduktion og raffinering af gødningsprodukter, så gasproduktionen kun udgør halvdelen af den skabte værdi. Svampesubstratet giver mulighed for at recirkulere øko-næringsstoffer fra øko-fødevarerspild og øko-halm og dermed bidrage til at udvide den økologiske gødningsmængde. Fokus er på 'brune fibre' (afgasset), men kunne også inkludere 'grønne fibre' eller øko-hestebønnehalm. Endvidere kunne kasse-ret grøntsagsspild (på mark eller i pakkeri) før 1. og 2. sorterings grøntsager indgå som en biomasse i AST systemet.

Råvarerspild hos frugt- og grøntsagsproducenter er ved at kortlægge mængder af kategori 2 grøntsager og frugt. Ved siden af dette er der en frasorteret mængde på marken/i pakkeriet, som giver relationer til cirkulær økonomi-projektet.

Demo og organisatoriske interaktioner

Cirkulær økonomi af øko-fødevarerspild foreslår:

- at bygge et AST demo-anlæg på AU Foulum og koble dette med BioTransNordic fødevarerspildindsamling og Egehøjs øko-svampeproduktion (samt muligvis også hollandsk svampeproduktion). På sigt potentiale for 3-6 anlæg i DK.

Græs og hestebønner vil foreslå:

- Nybro til storskala græs-juice produktion og KMC anlæg til proteinraffinering (eksisterende produktionsfaciliteter).
- decentrale 'gårdmodeller' til nye lav-tech proteinfodring (græsjuice i vådfoderanlæg til svin).

Fremtidens Biogas foreslår:

- demo af nye biomasser og nye forbehandlinger på tre typer eksisterende biogasanlæg: et økologisk og to konventionelle, med forskellige indfødnings- og omrøringsystemer.

Disse 3-4 demo-projektideer vil skulle søge finansiering ved flere nationale og EU kilder, hvor privat medfinansiering er et centralt kriterium. Region Midt midlerne kan anvendes som centrale demonstrerende koordinerende og interagerende midler til disse projekter, hvorved samspillet mellem virksomheder, viden og rådgivning kan give maximal erhvervsudvikling.

På denne måde geares de regionale bioøkonomimidler maksimalt samtidig med, at en række faglige og organisatoriske initiativer koordineres tæt.

10 Bilag:

- 1 Erfaringsopsamling fra eksisterende biogasanlæg, der anvender halm, dybstrøelse og andre restprodukter. 1a. Spørgeskema.
- 2 Nationale og internationale erfaringer med forbehandling af biomasse. 2a. Forventede effekt tabel.
- 3 Nuværende og potentielle leverandører.
- 4 Økonomi ved anvendelse af forskellige restprodukter.
- 5 Demoprojekt 1. Anvendelsen af halm til biogasproduktion
- 6 Demoprojekt 2. Sand i biogasanlæg

SEGES P/S skaber løsninger til fremtidens landbrugs- og fødevareerhverv. Vi udvikler forretningsmuligheder og serviceydelser i tæt samarbejde med vores kunder, forskningsinstitutioner og virksomheder over hele verden.

SEGES P/S
Agro Food Park 15
DK 8200 Aarhus N

T +45 8740 5000
E info@seges.dk
W seges.dk

