

Biogass - kunnskapsgrunnlag og forskningsbehov Sammendrag

Utarbeidet av Norsk senter for bioenergiforskning og Sintef på oppdrag fra Norges
Forskningsråd

15.01.2010

Biogassprosessen er en mikrobiologisk prosess hvor det organiske substratet omdannes til en blanding av ikke vannløslig metan (CH₄) og karbondioksid (CO₂) i fravær av luft (oksygen). Husdyrgjødsel og organisk avfall med et høyt vanninnhold som for eksempel matavfall, avfall fra næringsmiddelindustri, vekstrester fra landbruket og en del energivekster er godt egnet som substrater for biogassproduksjon. På sikt kan også tyngre nedbrytbart materiale med et høyt innhold av lignocellulose være aktuelt.

Ved produksjon av biogass fra husdyrgjødsel produseres fornybar energi i form av metan samtidig som man reduserer utslippene av klimagasser fra gjødselkjellere og utslippene av lystgass fra lager og gjødslete arealer. I tillegg er dette en ny aktivitet for norsk landbruk og det er stor interesse for dette blant norske bønder. Ved å sambehandle husdyrgjødsel med matavfall, fiskeensilasje og annet organisk avfall vil metanproduksjonen kunne økes kraftig og styrke økonomien til anleggene. Dette gjør biogasstiltaket også til et næringspolitisk interessant tiltak hvor man kan etablere nye samarbeidsrelasjoner mellom landbruk, næring og kommuner. I St.meld. nr. 39 "Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen" vurderes biogasstiltaket som viktig og det er satt opp et mål om en reduksjon tilsvarende 0,5 millioner tonn CO₂-ekvivalenter allerede innen 2020. eller en behandling av om lag 30% av den produserte husdyrgjødsel.

Biogassanlegg - dagens situasjon

I Norge har vi ca. 20 biogassanlegg som behandler avløpsslam fra renseanlegg, og ca. 5 anlegg som behandler kildesortert matavfall, men det er nå relativt mange som planlegger å biogassbehandle husdyrgjødsel og kildesortert matavfall. Foreløpig har vi mindre enn 5 fungerende gårdsbaserte biogassanlegg i Norge. Med unntak av et perkolasjonsanlegg er alle anleggene basert på vandige biogassprosesser i helomblandete reaktorer. Det planlegges foreløpig ett anlegg for behandling av matavfall og park- og hageavfall basert på en tørr biogassprosess. Vi har per idag ingen biogassanlegg som behandler energivekster fra landbruket.

I Danmark er det vanligst å sambehandle husdyrgjødsel med organisk avfall og det er om lag 60 gårdsanlegg og ca. 20 større fellesanlegg. I tillegg er det om lag 65 biogassanlegg i tilknytning til renseanlegg, 25 deponigassanlegg og 5 industrianlegg. Gassen brukes i hovedsak til el og varme.

I Tyskland bygges det om lag 50 nye anlegg per måned, og de har over 3000 biogassanlegg. I tillegg til gjødselhåndtering, utgjør i Tyskland energivekster (i hovedsak mais) til biogassproduksjon et sterkt økende marked. Dette skyldes en bevisst satsing, med et effektivt støttesystem for produsert el. i 20 år fram i tid. Gassen brukes i hovedsak til produksjon av el og varme.

I Sverige er det totalt ca 240 biogassanlegg, men om lag 200 av disse utgjøres av slambehandlingsanlegg og deponigassanlegg. Det er om lag 15 sambehandlingsanlegg, om lag 20 industrielle anlegg og bare noen få gårdsanlegg. Gassen brukes i hovedsak til kjøretøydrivstoff.

Utfordringene for biogassbehandling av gjødsel og matavfall i Norge er knyttet til økonomi, logistikk, avtaleforhold, prosessutvikling, valg og forbehandling av substrater og kvalitet og anvendelse av produsert biorest. Disse momentene er diskutert i punktene under.

Substrater - råvarer for biogass

Som nevnt innledningsvis er husdyrgjødsel og organisk avfall med et høyt vanninnhold godt egnet som substrater for biogassproduksjon. Det viser seg at produksjonen ofte er mer robust og mer effektiv når forskjellige substrater blandes, enn når de benyttes hver for seg.

I Norge, i likhet med mange andre land, har et stort potensial i gjødsel fra fjørfe. Produksjon av egg og kjøtt fra fjørfe foregår gjerne i store enheter, noe som gjør det gunstig å etablere biogassanlegg for behandling av dette avfallet. Gjødsel fra fjørfe er imidlertid kjent for å være problematisk å behandle i biogassanlegg.

Forskningsbehov

- Behov for grunnleggende forståelse for tilpassing av substratblandingen for gassproduksjon og senere anvendelse av biorest.
- Skaffe erfaringer med biogassprosesser med andre landbruksressurser enn storfegjødsel
- Effekt av å blande ulike råvarestrømmer på energiutbytte og kvalitet på bioresten

Forbehandling av råvarer

Substrater som er tyngre tilgjengelige kan gjøres nedbrytbare gjennom forbehandlingsprosesser, for eksempel enzymatisk forbehandling, trykk- og temperaturbehandling, dampeksplasjon, mekanisk oppmaling eller nedknusing, kjemisk eller mikrobiologisk forbehandling. Valgt metode må relateres til type substrat. I Norge er det etablert sterke fagmiljøer innen enzymatisk forbehandling og dampeksplasjon, et område hvor vi i Norge er i forskningsfronten.

Forskningsbehov

- Videreutvikle forbehandlingsmetoder som gir mulighet for utnyttelse av flere ressurser, for eksempel råvarer med et høyt innhold av lignocellulose.
- Sambehandling for øket energiutbytte og bedret biorest.

Biogassprosessen

Biogassprosessen er en sammensatt mikrobiologisk prosess hvor mange forskjellige typer bakterier deltar. I dette kompliserte samarbeidet deler man gjerne prosessen inn i flere trinn. Hvert av trinnene er dominert av forskjellige typer bakterier, med et forskjellig krav til miljø, f.eks. til pH, til en viss grad til temperatur, til toleranse for ammonium, organiske syrer og andre vekstbegrensende faktorer. Disse prosessene kan enten skilles i tid (skjer sekvensielt som i en "plug flow" reaktor), i sted (skjer i forskjellige reaktorer, for eksempel 2-trinns reaktorer) eller i mikromiljøet. Dette gjøres eksempelvis ved at bakteriene lever i små kuler (granuler) eller i biofilmer og hvor de ytterste bakteriene har én funksjon, f.eks. hydrolyse, mens bakteriene innenfor gjærer monomerene og de innerste bakteriene danner metan. En innsikt i den mikrobiologiske floraen, samt kunnskap og kompetanse for en mikrobiologisk analyse vil gi grunnlag for diagnose og stabil robust drift av biogassprosessen. Videreutvikling av prosessen gir mulighet for bedret økonomi, særlig i små biogass reaktorer tilpasset norsk landbruk.

Forskningsbehov

- Mikrobiologisk karakterisering av den sammensatte floraen, relatert til substrattyper, prosessparametere og biogassproduksjon ved bruk av moderne mikrobiologiske metoder.
- Optimalisering av reaktordesign og teknologi; etablerte prosesser er gjerne dominert av store reaktorer med enkel teknologi. Det er rom for å utvikle en teknologi egnet for mindre og mer effektive reaktorer, gjerne biofilm reaktorer og fler-trinns reaktorer av forskjellig type.

Våte biogassprosesser

Våte biogassprosesser arbeider med et tørrstoffinnhold lavere enn 10 - 15 % og substratet skal være pumpbart og inneholde minst mulig av fremmedlegemer som kan sette seg fast i pumper og

røreverk. Våte prosesser er absolutt vanligst, både i Norden og ellers i verden og er godt egnet for blautgjødsel fra storfe og gris som allerede har et høyt vanninnhold i utgangspunktet. Også tørrere substrater som energivekster og matavfall behandles oftest i våte prosesser, og da med tilsetning av vann. Det er gjerne økonomisk gunstig å øke belastningen på anleggene i størst mulig grad, men man får da høyere konsentrasjoner av en del stoffer som kan gi begrensninger. Likeledes ønsker man ofte å resirkulere vann for å bedre minimere vannforbruket og volumet av produsert bioest. Graden av resirkulering begrenses på tilsvarende måte som ved økt belastning ved oppkonsentreringen av stoffer som etter hvert hemmer mikroorganismenes aktivitet.

Forskningsbehov

- Mikroorganismenes toleranse for ammonium og salter samt deres toleranse for organiske syrer, spesielt fettsyrer. Forskjellige mikrobiologiske konsortier kan ha en ulik toleranse, likeledes vil blandingen av forskjellige substrater, mengdeforhold, forbehandling, temperatur og oppholdstid være av betydning.
- Utvikling av prosesser med et høyt tørrstoffinnhold som gir en mer konsentrert bioest med et redusert behov for transport- og lagerkapasitet.
- Ved økte belastninger kan man få en opphoping av overflateaktive stoffer som medfører skumming. Dette er et stort teknisk og driftsmessig problem. Å få en bedre innsikt i skumming er et viktig FoU-område. Mange anlegg driftes langt under optimum - "i ren skrekk" for at ukontrollert skumming plutselig vil kunne skje.
- Prosessovervåking - utvikle metoder og indikatorer for rask informasjon om prosessforløp.

Tørre biogassprosesser

Tørre metanprosesser har gjerne et tørrstoffinnhold på 25 - 35 % og er aktuelle ved biogassprosesser som behandler relativt tørt utgangsmateriale som kildesortert matavfall, hage- parkavfall og energivekster. Fordelen med tørre prosesser er at man slipper å håndtere de store mengdene med en vandig bioest etter biogassproduksjonen og vannbehovet er også langt mindre. Den produserte bioesten må gjerne komposteres og er vanligvis å anse som et jordforbedringsmiddel, og ikke et N-rikt gjødselprodukt som kan erstatte mineralgjødsel i landbruket. De viktigste FoU-utfordringene ved tørre prosesser er:

- Nitrogenlekkasje: Mangel på store mengder vann gjør at ammonium ikke kan løses opp, og dannet ammonium forsvinner/mistes lett i form av ammoniakk. Det arbeides med å utvikle systemer som fanger opp dannet ammoniakk, slik at den kan utnyttes som gjødsel, for eksempel i skrubbersystemer.
- Lukt fra sluttproduktet: Sluttproduktet etter tørre prosesser har et stort luktpotensiale (stor overflate, mange reduserte organiske forbindelser) slik at overgangen til et luftig miljø byr på luktutfordringer.
- Lavt metanutbytte: Metandannelsen i naturen skjer gjerne i helt neddykkede miljøer (imyrt og i sedimenter, samt i vomma på drøvtyggere). Et tørrere miljø gir gjerne et betydelig lavere metanutbytte.

Det planlegges et biogassanlegg basert på en tørr prosess i Follo/Vestby i Akershus. Det foregår også noe forsøksvirksomhet på tørre biogassprosesser i store plastslanger / "biobags" i Sverige. I Europa er det mange slike anlegg. I Norden har fagmiljøene svært liten kompetanse på denne typen biogassprosesser, og det er et behov for å etablere norsk kompetanse, gjerne i forbindelse med etablering og drift av et slikt anlegg.

Perkolasjonsprosesser - en kombinasjon av tørre og våte prosesser

Ved perkolasjonsprosesser behandles avfall som i utgangspunktet har et høyt tørrstoffinnhold og en porøs struktur. Vann perkolerer/vaskes gjennom materialet. Her skjer det delvis en hydrolyse, og de

vannløslige hydrolyseproduktene føres til en biogass reaktortank hvor resten av prosessen skjer. Den faste massen som blir igjen etter perkolasjonen blir gjerne videre stabilisert gjennom en komposteringsprosess. Utfordringene er her knyttet til en del av de samme som for tørre prosesser:

- Et lavt biogassutbytte
- Lukt fra det faste substratet etter behandlingen av avfallet

Det skal i prinsippet være mer mulig å sikre en utnyttelse av nitrogenet i en slik prosess siden det vaskes over i vannfasen til biogass reaktortanken. Til gjengjeld blir man da sittende igjen med en vannfase som må håndteres og en tørr fase som må komposteres, eller stabiliseres på annen måte. Det er bygget ett slikt anlegg i Norge for behandling av våtorganisk avfall og hage- parkavfall på Hornmoen på Elverum.

Små biogassanlegg - kaldt klima - spesielle utfordringer

En relativt stor andel av den produserte energien fra biogassanlegg må benyttes til å holde anleggene i gang. Mest energi går med til å opprettholde temperaturen på et riktig nivå, kanskje mellom 10 og 30% av produsert energi, noe som svekker anleggenes økonomi.

- Det kan gjøres tiltak for å utvikle anlegg som er bedre tilpasset et kaldt klima, enten ved å kunne driftes ved en lavere temperatur, eller ved å redusere varmetapet.

Gjødsel - biorest

Etter at råvarene har gjennomgått nedbrytingsprosessen som gir biogass, gjenstår en væske med varierende tørrstoffinnhold. Dette produktet benevnes biorest og inneholder hovedsakelig vann, ikke-nedbrytbart fast stoff og næringssalter som er frigjort fra råvarene. Innholdet av fast stoff vil variere blant annet med prosessstype (tørre prosesser gir høyere tørrstoff i bioresten). I våte prosesser er vanlig tørrstoffinnhold i bioresten 5-6%, men den kan lett reduseres til 2-3% ved å fjerne fiber fra væsken. Størstedelen av næring finnes i den flytende delen, og det er derfor denne som har størst interesse som gjødsel. Mens utnyttelse av flytende biorest som gjødsel i landbruket er hovedbruksmåten i Sverige, er det til nå beskjedne kvanta som har vært nyttet som gjødsel i Norge. Flytende biorest basert på matavfall egner seg godt som gjødsel til korn, og enkelte bønder har nyttet biorest til overgjødsling av eng med godt resultat.

Anlegg som sambehandler husdyrgjødsel og andre organiske restprodukter kan oppnå større utbytte av biogass og et sluttprodukt som er mer egnet som gjødsel enn råstoffene behandlet hver for seg. Kombinasjonsanlegg for behandling av husdyrgjødsel og andre organiske restfraksjoner er vanlig i utlandet, bl.a. i Danmark.

Siden all utnyttelse av organisk avfall for produksjon av biogass gir en biorest med varierende egenskaper og innhold av næringsstoffer, er håndteringen og utnyttelsen av bioresten og næringsstoffene vesentlig.

En utfordring finnes når avstanden mellom biogassanlegg og avtager av biorest er stor. Det er behov for teknologiske løsninger som kan redusere transport av lite konsentrert biorest. Et biogassanlegg med redusert vannforbruk vil være av stor betydning.

- Løsninger for økt resirkulering av næringsressurser i biorest, særlig fosfor
- Utnyttelse av biorest til biomasseproduksjon for energiutnyttelse og utvikling av grønne næringer som ikke er matproduksjon
- Bruk av biorest til landbruksproduksjon; innhold av næringsstoffer, deres tilstandsform og avrenning til resipient er sentrale forskningstemaer.
- Karakterisering av biotilgjengelighet av essensielle næringsstoffer ved ulike biogass-teknologi; hvordan påvirker forbehandling av organisk materiale gjødsleffekten til bioresten
- Strategier for effektiv resirkulering av biorest til landbruksproduksjon

Energileveranse

I tillegg til metan og karbondioksid inneholder biogass vanddamp og mindre mengder med hydrogensulfid og enkelte andre komponenter. Avhengig av planlagt anvendelse må følgende komponenter fjernes: H₂S, CO₂ og H₂O da disse medfører korrosjonsproblemer i armaturer, brenner og motorer; ved oppgradering til flytende drivstoffer fører H₂S til katalysatorforgiftning. Karbondioksid bidrar ikke til brennverdi i gassen og fjernes derfor i anvendelser hvor økt brennverdi er nødvendig, for eksempel tilkjøretøydrivstoff. Direkte forbrenning i gassbrenner eller motorer for kraft/varmeproduksjon krever minst rensing av gassen, vannet kan tørkes gjennom kjøling av gassen og H₂S forurensninger kan fjernes. Biogass som drivstoff eller biometan (erstatte naturgass) krever en rensing tilsvarende 97-98% CH₄, < 2% CO₂ og maksimum 0,1 ppm H₂S. Som råstoff for katalytisk konvertering til flytende drivstoff (syntese diesel) benyttes vasking med lut og bakteriologisk rensing, gjerne kombinert med et siste rensetrinn hvor aktivt kull absorberer resterende H₂S. Fjerning av CO₂ er nødvendig for å gi gassen tilstrekkelig brennverdi.

For gårdsanlegg vil direkte forbrenning som varme eller produksjon av el ved bruk av gassturbiner eller forbrenningsmotorer være mest aktuelt. Slike enkle anlegg stiller lavere krav til gasskvaliteten. For storskalaanlegg vil det være mulig med en kombinasjon av kraft/varmeproduksjon for egen forbruk, gassrensing til biometan eller biodrivstoff (komprimert biometan) og eventuell katalytisk oppgradering. Forskningsbehov er

- Gassrenseteknikk er stort sett teknisk tilgjengelig, for småskala anlegg er disse for kompleks og kostbart. Prosessutvikling for enklere systemer er nødvendig
- Teknologien for direkte konvertering av biogass til syntetisk diesel er ikke kommersielt tilgjengelig.

Miljøaspekter ved produksjon og bruk av biogass

Ambisjonsnivået må være høyt med hensyn til utslipp fra biogassanlegg i Norge, noe som innebærer strenge kvalitetskrav på dette punktet. Biogasssteknologien skal redusere de samlede utslipp av skadelige klimagasser fra landbruket. Dette betinger at en velger en god og gjennomprøvd teknologi hele anlegget igjennom. En må her ta hensyn til forhåndslagring av råstoff, reaktorkvalitet, bruk og håndtering av gass, etterlagring av biorest og bruk av denne som gjødsel til planteproduksjon. Resirkulering av prosessvann for volumreduksjon og oppkonsentrering av næringsstoffer kan være både miljømessig og økonomisk fordelaktig.

Graden av utnyttelse av næringsstoffene i bioresten virker sterkt inn på i hvilken grad biogassanlegg er godt klimatiltak. Utvikling av analyseverktøy som kan brukes til å vurdere hele kjeden av prosesser fra produksjon av avfall, innsamlingssystemer, behandlingssystemer, til distribusjon av gass og biorest må være en sentral oppgave.

Andre miljøaspekter er knyttet til innholdet av sykdomssmitte. Norske myndigheter setter indikatorer til innhold av *Salmonella*, parasittegg og termotolerante koliforme bakterier, men det er også forskningsbehov på sykdomsfremkallende organismer for planter, dyr og mennesker som ikke omfattes av dagens regelverk.

Likeledes er det lite dokumentert hvordan råvarene for biogassproduksjon påvirker innhold av uønskede stoffer som tungmetaller, miljøgifter, pesticider, patogener osv., og om slike uønskete komponenter har effekt på miljø og helse.

Forskningsbehov

- Økt kunnskap om klimaeffekten ved behandling av husdyrgjødsel i biogassanlegg
- Smitteproblematikk; forekomst og potensiell overføring av patogener fra biorest
- Hygieniseringseffekt; ulike metoder gir forskjellig effekt på hygieniseringen mhp smitte av patogener i biorest.
- Overføring av biologisk negativt virkende stoffer som f.eks antibiotika og østrogenhermere i biorest, hvor kartlegging av forekomst, metoder for påvisning og overføring til planter og dyr er sentrale elementer.
- Forekomst og biotilgjengelighet av miljøgifter i biorest som følge av utvidet råvarespekter

Logistikk og avtaleforhold - store fellesanlegg

Det er under planlegging flere store kombinasjonsbiogassanlegg i Norge som behandler både husdyrgjødsel fra mange gårdsbruk i en hel region, sammen med annet organisk avfall, for eksempel avfall fra næringsmiddelindustrien. Slike anlegg krever at store volumer av

husdyrgjødseltransporteres til anleggene, gjødsla må lagres noe før bruk og produsert biorest må transporteres og lagres i lang tid før bruk. Dette krever et omfattende system for transport, lagring og spredning av gjødsla. Utfordringene er knyttet til økonomi, til en viss grad til miljø (f.eks. mye transport på vei) og avtaleforhold. Hvem skal dekke de forskjellige kostnadene, hvem skal eie de forskjellige enhetene og hvordan bør avtaler utformes. Det er også faglige utfordringer knyttet til hygiene og risiko. Store biogassanlegg som behandler matavfall, og skal benytte bioresten som gjødsla står overfor mange av de samme utfordringene.

Forskningsbehov

- Utvikle modeller/sytemer som kan benyttes som planleggings- og evalueringsverktøy ved planlegging av større fellesanlegg og store anlegg for behandling av matavfall
- FoU for å sikre at anleggene fungerer trygt med hensyn til spredning av smitte og miljøgifter
- Skaffe kunnskap for å kjenne til effekten av ulike juridiske og økonomiske forhold ved samarbeid mellom store fellesanlegg og landbruket/enkeltbønder.

Økonomi og rammebetingelser - gårdsbaserte anlegg

Den sterke veksten i etableringen av biogassanlegg som vi ser i Europa har vært knyttet til behovet for egenprodusert energi. Dette har resultert i effektive økonomiske støtteordninger, både med hensyn til investeringsstøtte og langsiktig støtte for produsert energi. I Norge har vi hatt stor tilgang på energi, både fornybar energi i form av vannkraft, samt egen olje- og gassproduksjon. I Norge har det på denne bakgrunn ikke blitt etablert støtteordninger som har gjort det foretaksøkonomisk lønnsomt å etablere biogassanlegg. Anlegg som behandler avløpslam og matavfall har sin viktigste inntekt knyttet til avgifter for mottak og behandling av avløpsvann og avfall.

Siden biogassbehandling av organisk avfall og husdyrgjødsel er viktige klimatiltak må man nå etablere ordninger og rammebetingelser som sikrer at dette gjøres. Samtidig må vi hele tiden ha et fokus på å utvikle konkurransedyktig teknologi, noe som ligger til grunn for de andre punktene i denne rapporten. Noen virkemidler som nå vurderes er; "Økt investeringsstøtte til bygging av biogassanlegg"; "Prisgaranti ved produksjon av biogass, elektrisitet og gjødsla"; "Direkte betaling for reduserte utslipp av metan og lystgass" og "Avgifter på naturgass og mineralgjødsla som vil gi biogass et konkurransefortrinn".

- Det er et FoU-behov knyttet til å evaluere hvordan ulike virkemidler og kombinasjoner av virkemidler slår ut, og eventuelt utvikle nye virkemidler med målrettet effekt. Effekten må vurderes ut fra et samfunnsøkonomisk og miljømessig perspektiv.

Internasjonalt samarbeid

Det er allerede etablert en del samarbeid mellom fagmiljøer i de nordiske land innen biogass, men dette bør utvikles videre. Norden har mye felles utfordringer på dette området, og et nordisk samarbeid synes derfor som særlig verdifullt. Viktige miljøer i Norden er Sveriges lantbruksuniversitet - SLU, både i Uppsala og i Alnarp, Lunds tekniska högskole (LTH), Institutt for jordbruks- og miljøteknik (JTI) i Uppsala, Linköpings universitet (LTU), Universitetet i Århus, som blant annet omfatter biogass forsøksanlegget ved Foulum, Universitetet i Ålborg og Tekniske universitetet i København. Det må ellers presiseres at det er en rekke sterke fagmiljøer i Tyskland, Nederland og Østerrike, men også ellers i Europa, for eksempel Italia, som det også er svært aktuelt å etablere samarbeid med.