

Testanläggning

för att uppnå en lönsam produktion av biogas och biogödsel

Presentation av koncept G&G-system
där teknik och metoder
med ökad precision anpassas till mikroorganismernas behov
vilket leder till ökad effektivitet under den biologiska omvandlingen.

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	2
PRESENTATION AV KONCEPT G&G-SYSTEM	2
BIOGASPRODUKTION KAN BLI LÖNSAM!	2
VARFÖR FINNS DET OLÖNSAMMA SYSTEM OCH METODER?	3
MIKROORGANISMER – FRIVILLIGA ARBETARE DÅ VISSA FÖRUTSÄTTNINGAR UPPFYLLS 4	
RÅVAROR SOM LÄMPAR SIG FÖR PRODUKTION AV BIOGAS OCH BIOGÖDSEL	4
BESKRIVNING AV FÖRBÄTTRINGS- OCH UTVECKLINGSARBETE	4
FÖRDELAR MED LOKALA INTEGRERADE SYSTEM	5
KOSTNADSBESPARING	5
RESURSHUSHÅLLNING	5
MILJÖVINSTER	5
RESURSBEHOV	6
EXEMPEL PÅ TILLVÄGAGÅNGSSÄTT VID FRAMTAGNING AV EN LÖNSAM METOD (RECEPT)	6
PILOTANLÄGGNING	6
KOMPETENS FÖR PROJEKTET	7

Sammanfattning

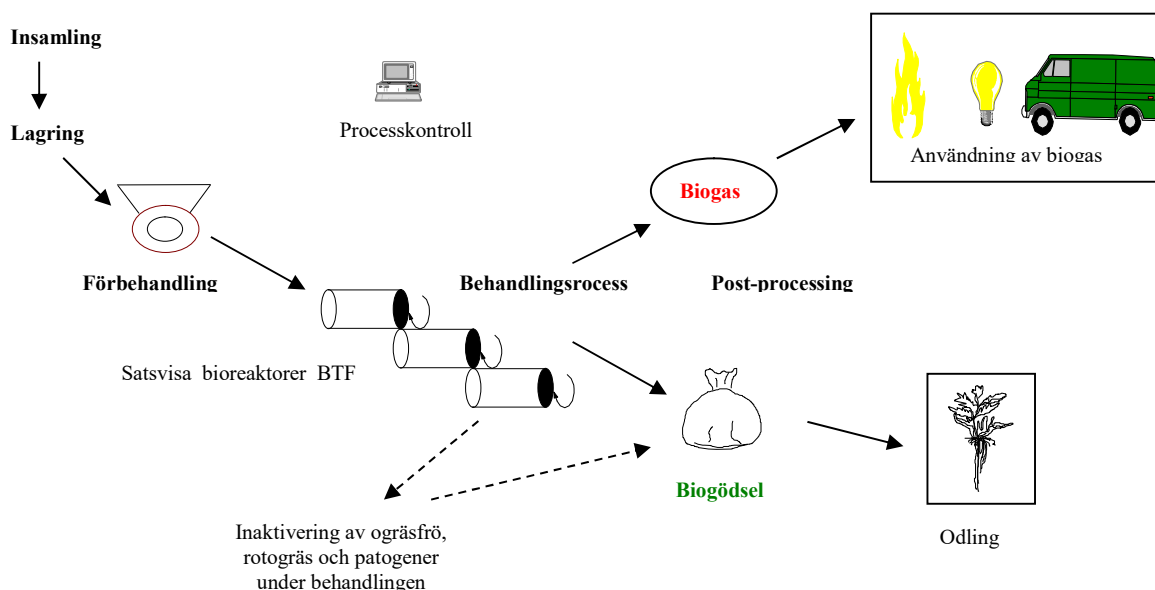
Målet med **testanläggningen** är att omsätta forskningsresultat, tillsammans med erfarenheter från praktisk tillämpning, till ett lönsamt system för framställning av biogas och biogödsel.

I projektet kommer att prövas koncept för G&G-system (Gas & Gödsel) som använder satsvisa BTF-bioreaktorer (BioTransForm) för metanjäsning med **hög halt av torrsbstans** (high solids anaerobic digestion).

Projektets inriktning fokuseras på anpassning av utrustning till mikroorganismernas behov av "mat och miljö". Med förbättrad utrustning (**köket**) kan man lättare förbättra metoder dvs. skapa flera "**säkra recept**" vilket kommer att bidra till bättre utnyttjande av både energi och växtnäring i råvara som består av energigrödor samt växt- och djurrester.

Modifiering av utrustning i kombination med förbättring och utveckling av nya metoder kommer att ge **högre utbyte av biogas**, generera **biogödsel med säker kvalitet** som motsvarar odlingens krav samt **minska utsläpp** som genererar förorenande förluster.

Presentation av koncept G&G-system



Biogasproduktion kan bli lönsam!

Under Jamil Khans disputation i oktober 2004 vid Lunds Universitet framkom det att biogasproduktionen i Sverige är olönsam. Hur kan kommande anläggningar utformas för att produktion av biogas och biogödsel ska bli lönsam?

Svaret ligger i innovationen. Biogas kan vi framställa effektivt genom att skapa en lämplig miljö för de metanproducerande bakterierna med hjälp av en väl anpassad teknik. Förbättring av nuvarande samt utveckling av nya metoder medför bättre utnyttjande av råvaran, högre utbyte och mindre utsläpp som innebär förorenande förluster.

Vid den nämnda disputationen användes orden ”mogna” system vid beskrivning av dagens biogasanläggningar. Trots det finns det enorma möjligheter att förbättra både utrustning och metoder.

Det är viktigt att ta vara på den solenergi som är bunden i biologiska strukturer - bioenergi. Endast till de biologiska omvandlingsprocesserna anpassad teknik (*köket*) och väl dokumenterade metoder (*recept*) kan bidra till bättre utnyttjande av både energi och växtnäring.

Varför finns det olönsamma system och metoder?

Har man vattenburna biogasanläggningar som går under benämningen rötning (innebär att dränka organiskt material i vatten) blir det för lite råvara per volym vatten som mikroorganismerna kan omsätta till biogas. I stora och kostsamma behållare (bioreaktorer) är det mest vatten som egentligen fungerar som transportmedel.

Dessa system började byggas 1910 – 1920 i avsikt att röta bort organiskt material ur avloppsvatten. Biogasproduktion per volym bioreaktor blir låg, samtidigt som kostnaden för anläggning, drift, avvattning och spridning av lakvatten och rötslam blir hög.

För närvarande går mycket bioenergi förlorad när växt- och djurrester blir outnyttjade. Med nuvarande så kallad miljöteknik sker misshushållning. Det används mycket fossil energi och en del konstgjorda kemikalier för att bli av med energin och näringsämnen i avfallets organiska material. Samtidigt förorenas människornas livsmiljö inklusive maten. Alla som sköter underhållet av kloaker, arbetar på reningsverk eller har hand om olika typer av organiskt avfall, vistas i en ohygienisk arbetsmiljö. De flesta system är samhällsekonomiskt olönsamma.

Biogas består främst av metan (50–70%), koldioxid (25-35%), spår av kväve, svavelföreningar samt flyktiga organiska ämnen. Biogasens värmevärde finns i metan.

Biogas kan användas direkt som bränsle för uppvärmning eller efter rening i motorer för omvandling till el och värme och som fordonsbränsle.

Biogödsel är den andra värdefulla produkten. Biogödsel är ett organiskt gödselmedel som liknar kompost men är av bättre kvalitet och det finns möjlighet att anpassa biogödsel till odlingens/grödornas behov.

Skillnaden mellan biogödsel och kompost ligger i att under befintlig kompostering förloras en del energi i form av värme och mycket kväve och svavel avgår som illaluktande kemiska föreningar. Komposten - produkten - motsvarar endast mellan 20 och 40 vikt % av råvaran. Det är snarare ”kvittblivning” än produktionsprocess.

I stället för att kompostera med stora förluster av energi och växtnäring kan man behandla biomassan i en biogasanläggning. Efter att energirik biogas tas ut får man kvar biogödsel som är viktig för markens bördighet.

Biogödsel innehåller merparten av växtnäring, mikroorganismer och energirika organiska

strukturer vilket gynnar markens organismer och därmed tillväxt av ny växtbiomassa. Resultatet är att behovet av konstgödsel och bekämpningsmedel minskar.

Mikroorganismer – frivilliga arbetare då vissa förutsättningar uppfylls

I många för människan viktiga processer är mikroorganismerna huvudaktörer. Deras biprodukter eller utsöndringsprodukter finner vi i osten, ölet, vinet, surkålen och ensilaget samt i en del läkemedel. En del av produkterna är energirika.

Speciella mikroorganismer ger upphov till den energirika gasen **metan** som i blandning med koldioxid och små mängder av andra gaser kallas **biogas**. Dessa mikroorganismer lever i miljöer utan luftens syre som t ex i sumpmark, deponier och tarmar hos djur och människor. Metan finns även i **fossil form i naturgas** som har bildats av prehistorisk biomassa för många miljoner år sedan.

Mikroorganismerna är så små att vi behöver mikroskop för att se dem. Av vissa bakterier behövs det ca 5 000 på rad för att bilda en millimeters sträcka. Trots sin litenhet liknar mikroorganismer både djur och människor när det gäller anspråk på mat och livsmiljö. Den världskände mikrobiologen Brian J. Ford påstår att det som kan produceras med hjälp av mikroorganismer knappast kan produceras billigare med enbart tekniska processer.

Råvaror som lämpar sig för produktion av biogas och biogödsel

Från areella näringar (jord-, trädgårds- och skogsbruk): växtrester, djurrester, energigrödor

Från industrier: rester från mat-, foder- och skogsindustri

Från samhället: den kommunala avfallets organiska fraktion, människans exkrementer

Beskrivning av förbättrings- och utvecklingsarbete

En testanläggning och ett team av kunniga personer behövs för att uppnå en djupare förståelse för mer lönsam produktion av två värdefulla produkter - **biogas och biogödsel** - med målet att snabbt omsätta resultat i praktisk tillämpning.

Biogasanläggningar för fast råvara (ej pumpbar) används i andra länder men det finns fortfarande stora möjligheter att effektivisera systemet.

Testanläggningen ska bestå av utrustning för sönderdelning, blandning och vägning; slutna transportsystem; 12 bioreaktorer BTF (BioTransForm) med en volym av 25-30 liter, utrustade med biofilter, temperaturmätning, omrörningssystem, värmeslingor, anslutning till dator och analysator; uppsamlingsanordning för biogas och analysator; hanteringslinje för biogödsel; styr- och reglerutrustning för hela testanläggningen; analysutrustning för energianalyser.

Fördelar med lokala integrerade system

Kostnadsbesparing

- Nuvarande intäkter från avgifter för hantering av avfall och rening av avloppsvatten samt intäkter från produkter 'biogödsel och biogas' kommer att täcka kostnader för uppbyggnad av lokala integrerade system för behandling av avfall och avloppsvatten vid källan.
- På längre sikt kan man räkna med lägre kostnader. Särskilt fördelaktigt blir införandet av lokala integrerade system i areella näringar (skogs-, jord- och trädgårdsbruk), i eko-turism anläggningar, vid ombyggnad och i nybyggda bostadsområden, vid institutioner och industrier.

Resurshushållning

- Effektiv, hygienisk och säker återvinning av merparten av växtnäringsämnen.
- Effektivt utnyttjande av förnybar energi.

Miljövinster

- Kretslopp mellan stad och land förbättras.
- Problem med slam uteblir.
- Förorening av vatten minskar.
- Återföring av växtnäringsämnen ökar.
- Användning av syntetiska gödselmedel och andra kemikalier i odlingsystem minskar.
- Koldioxid binds i humus i odlingsmark.
- Markens bördighet/produktionsförmåga bevaras eller ökar.
- Hushållning och utnyttjande av förnybar energi ökar.
- Avfallsförbränning minskar.
- Användning av fossila bränslen minskar.
- Utsläpp som är förorenande förluster minskar.
- Hygienisk arbetsmiljö skapas för alla som hanterar avfall.
- Smittorisk i hela samhället minskar.
- De flesta sjukdomsalstrare som angriper växter, djur och människor kan inaktiveras med biologiska behandlingsmetoder i slutna system.
- Biologisk mångfald gynnas.
- Förståelse för miljön ökar.

Satsningar på lokala integrerade system för avfallshantering medför ytterligare positiva effekter på samhället som till exempel

- Nya miljöanpassade tekniska produkter som främjar ekologisk hållbarhet utvecklas och används.
- Nya arbetstillfällen skapas.
- Nya exportmöjligheter öppnas.

Målet med testanläggningen är att omsätta forskningsresultat, tillsammans med erfarenheter från praktisk tillämpning, till ett lönsamt system. Samtidigt uppfylls kraven både på en bra arbetsmiljö och på den totala miljön.

Resursbehov

Med en ordentlig satsning av resurser (tabell 1) lyckas man snabbt finna lämplig utrustning och bra samarbetspartners. Med tanke på att en del utrustning kommer att specialtillverkas är det nödvändigt att räkna med extra utgifter pga. längre leveranstider.

Tabell 1. Åtgärder med uppskattad tidsåtgång och kostnader

Åtgärd	Tidsåtgång	Kostnad i tusentals kronor
Förstudie	3-4 veckor	100-200
Bildande av en arbetsgrupp bestående av experter inom olika områden	2-4 veckor	20-40
Uppförandet av ritningar och upphandling av utrustning	6-10 veckor	500-1 500
Uppförandet av testanläggning med 4 bioreaktorer BTF	8-12 veckor	3 000-5 000
Igångsättning av anläggningen – justering av utrustning; (5-8 pers.)	8-10 veckor	1 000-2 100
Komplettering till 12 bioreaktorer BTF (modifiering efter behov)	4-6 veckor	600-1 500
Metodutveckling (<i>recept</i>); (5-8 personer)	24-48 veckor	3 000-10 000
Förbättringar av utrustningen under metodutvecklingen	(24-48 veckor)	1 000-2 000
Totalt	55-94 veckor	9 220-22 340

Exempel på tillvägagångssätt vid framtagning av en lönsam metod (*recept*)

En grödas väl sönderdelade biomassa används som råvara (*maten för mikroorganismer*). För att studera ökat utbytet av biogas tillsätts i de 12 bioreaktorerna BTF olika organiska material, eventuellt aktivatorer och/eller enzymer. Med tekniska hjälpmedel ska olika faktorer anpassa mikroorganismernas behov under hela processen. Förloppet följs upp och dokumenteras. Effekten av tillsatser återspeglar sig i produktion av biogas under en till två veckor. Den blandning som ger bäst utbyte - eller några blandningar med likvärdigt resultat – testas ytterligare flera gånger för att bekräfta tillförlitligheten.

Eftersom variationen är stor när det gäller lämpliga tillsatser, är det nödvändigt att ha tillgång till ett flertal parallellt opererande och tillförlitliga bioreaktorer BTF med modern styr- och reglerteknik. Biofilter behövs för att återföra flyktiga ämnen tillbaka till processen. Analyser före, under och efter processen ger vägledning till fortsatta förbättringar.



Bild 2: Förslag till utformning av bioreaktorer för framtida testanläggning

Pilotanläggning

Så snart nöjaktiga metoder finns framtagna kan man planera konstruktion av en pilotanläggning där större mängder råvara upparbetas till biogas och biogödsel.

Kompetens för projektet

Under de senaste 18 åren har projektledare Ruzena Svedelius följt utvecklingen av olika metoder för framställning av komposter och biogas. Under åren 1988-1997 bedrev Svedelius forskarstudier med inriktning på återvinning av växtnäring vid Sveriges lantbruksuniversitet på Alnarp. Från 1990, efter besök på en biogasanläggning för metanjäsning av fast kogödsel från 400 kor, har Svedelius intresse utökats till ”utnyttjande av och hushållning med energi” i biomassan.

Redan 1992 föreslog Svedelius att aeroba och anaeroba processer kan utnyttjas i samma bioreaktor (1). Senare presenterades idén även vid ett seminarium 1993 (2) och ett symposium 1997 (3).

I avhandlingen (4) presenterade Svedelius förslag på ny utrustning och nya metoder för en bättre hushållning med både energi och växtnäring lagrad i olika typer av biomassa. Sedan dess har Svedelius förbättrat konceptet samt tagit del av andras resultat. Konceptet kallas G&G-system (förkortning av Gas- & Gödselsystem).

På fritiden har Svedelius byggt och testat prototyper av BTF-bioreaktorer (BioTransForm). Syftet är att ta fram effektivare metoder med hjälp av teknik som är bättre anpassad till mikroorganismernas behov. Åren 2003 och 2004 utförde studenter vid Malmö högskola under Svedelius ledning två examensarbeten. Det ena vidareutvecklade styr- och reglerteknik för BTF-bioreaktorer medan det andra var en förstudie för utveckling av nya BTF-bioreaktorer vilka skulle vara mera automatiserade och även robotiserade.

År 2002 presenterade Svedelius sina visioner på en konferens (5). Samma år skickade hon till EU ett förslag på forskning angående framställning av biogas och biogödsel från samhällets olika organiska avfall (6). Det resulterade i att från 17 länder har intresseanmälningar om samarbete inkommit. Tillsammans med partners har Svedelius utarbetat fem ansökningar till EU:s sjätte ramprogram (7) – (11).

- (1) Gajdos, R. 1992. Organic material for Energy production and Plant Nutrients Recycling. Part 1: Composting on a laboratory scale. 1992 *International Conference on Industrial Waste Minimization*, Taipei, Taiwan, R.O.C.
- (2) Gajdos, R. 1993. Kretsloppstänkande vid behandling av hushållens organiska avfall. Seminar "Slamhantering" i Trondheim, Norge.
- (3) Gajdos, R. 1997. Efficient bioconversion of solid and liquid waste – composting and anaerobic digestion in novel systems. Proceedings of the International Symposium on composting and use of Composted Materials for Agriculture, Auchincruive, Scotland, Apr. 97. http://www.actahort.org/books/469/469_14.htm
- (4) Gajdos, R. 1997. Product-Oriented Composting. From open to closed bioconversion systems. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Argaria 68. ISSN 1401-6249.
Sammanfattande del av avhandlingen (finns på <http://www.vaxteko.nu/> - sök under författare Gajdos) samt fyra separata artiklar:
 - 1) Gajdos, R. 1997. Effects of Two Composts and Seven Commercial Cultivation Media on Germination and Yield. *Compost Science & Utilisation* 5(1):16-35.
 - 2) Gajdos, R. Methods for Laboratory Studies on Composting of Standard Substrate in Static or Rotated Bioreactors.
 - 3) Gajdos, R. Bioconversion of Organic Waste in Ecologically and Economically Efficient Systems.
 - 4) Gajdos, R. Bioconversion of organic waste by the year 2010: to recycle elements and save energy. *Resource, Conservation and Recycling* 23 (1998) 67-86.
<http://www.escet.urjc.es/biodiversos/esp/docs/docencia/micro/biogas2.pdf>
- (5) Svedelius, R. and Watkin, S. J. 2002. Your Body, Renewable Organic Waste and the Environment - Sustainable Management of Solid and Liquid Waste - "SOLIWA". In: *Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture RAMIRAN 2002*, 10th International Conference Hygiene Safety, Proceedings, Strbske pleso, Slovak Republic, May 14-18, 2002: 303-314. www.ramiran.net/DOC/E1.pdf

- (6) Svedelius, R. June 2002. Expression of interest to identify research actions ready for scientific programme topics as a base for the preparation of work programmes for the 6th framework programme for research. Sustainable Management of Solid and Liquid Waste. http://eoi.cordis.lu/dsp_details.cfm?ID=26219 (and additional document)
- (7) SUMAWA - Sustainable Management of Waste and Wastewater. A multidisciplinary proposal to the 6th framework programme for research. Integrated project. 2003-03-05
- (8) ESOLIRE – Energy from Solid and Liquid Renewables. A multidisciplinary proposal to the 6th framework programme for research. Integrated project. 2003-03-17
- (9) CANIBSER – Carbon and Nitrogen in Biological Systems from Solid and Liquid Renewables. A multidisciplinary proposal to the 6th framework programme for research. Integrated project. 2003-04-06
- (10) ENEFBIOTRANS – Energy Generation by Efficient Biological Transformation of Renewable Biomass. A multidisciplinary proposal to the 6th framework programme for research. Integrated project. 2003-12-16
- (11) SEP BIOGAS – Smart Equipment for Production of **BIOGAS**. Specific Targeted Research Project. 2004-12-08