

# Energi og gjødsel fra avløp og avfall

Av Odd Jarle Skjelhaugen  
og Trond Sæther

Begge forfatterne er forskere og ansatt ved  
Institutt for tekniske fag på Norges landbrukshøgskole

Innlegg på møte i Norsk Vannforening  
19. oktober 1995.

**Organisk materiale i avløp og avfall inneholder fett, proteiner og karbohydrater. Disse forbindelsene kan nyttes som energikilde og plantegjødsel. Særlig energirikt og næringsrikt er matavfall fra husholdninger og slam og dødfisk fra fiskeoppdrettsanlegg. En kg tørrstoff frigjør 4-8 kWh i løpet av sju dagers våtkompostering, og materialet inneholder så mye nitrogen at det er godt egnet som gjødsel til korn.**

Det er aktuelt å ta ut overskuddsenergi i prosesser som hygieniserer og stabiliserer avfall ved høye temperaturer, f.eks. i aerobe eller anaerobe reaktorer. Energiproduksjonen øker med økende oppholdstid, men kapasiteten til behandlingsanlegget avtar. Også gjødselvirkingen til produktet avtar med økende nedbrytning av det organiske materialet. En optimal løsning er å holde seg til prosessbetingelsene som er lagt til grunn i forskrift for avløpsslam.

I praksis er det ønskelig å blande ulike typer avfall, f.eks. septikslam

**og matavfall, evt. også fiskeoppdrettsavfall. Det gir brukbar økonomi og gode prosessbetingelser for behandlingsanlegget og gunstig sammensetning av plantenæringsstoffer i produktet.**

## Energi

Aerobe og anaerobe prosesser frigjør energi når organisk stoff i avløp og avfall brytes ned. Energiproduktene blir hhv kompostvarme og biogass. Den frigjorte energimengden avhenger av energiinnholdet i det organiske stoffet. F.eks. matavfall og fiskeavfall er svært energirike, og råslam i septiktanker er energifattig. Dersom formålet er å hente ut energi fra avfall, vil det være gunstig å blande avfallstyper for å få nedbrytningsprosessene til å gå greit og for å optimalisere energiproduksjonen.

Norske forsøk og beregninger av energiproduksjon fra avløp og avfall i den senere tid er gjort i tilknytning til våtkompostering i reaktor (Sakshaug 1993). Den varmemengden som ble frigitt av bakteriene ved nedbrytning av 1 m<sup>3</sup> av det aktuelle avfallstoffet i løpet av 7 døgn, er vist i tabell 1.

**Tabell 1.****Biologisk varmeproduksjon fra ulike råstoffer i løpet av 7 døgn i våtkompostreaktor. (Sakshaug 1993).**

| Kompostmateriale        | % TS | kWh/m <sup>3</sup> | kWh/kg TS |
|-------------------------|------|--------------------|-----------|
| 25% septik/75% gjødsel  | 5,6  | 64                 | 1,8       |
| 50% septik/50% gjødsel  | 4,3  | 55                 | 1,2       |
| 75% septik/25% gjødsel  | 3,4  | 53                 | 0,9       |
| Slam fra åleoppdrett    | 3,1  | 95                 | 3,1       |
| Kadaverfisk + svartvann | 0,9  | 80                 | 8,9       |
| Matavfall + svartvann   | 4,0  | 143                | 3,6       |

Energiproduksjon på 100-150 kWh pr m<sup>3</sup> masse med 3-4% tørrstoff i våtkompostreaktor samsvarer brukbart med produksjonen i danske anaerobe reaktorer (biogassreaktorer) når vi korrigerer for oppholdstid og tørrstoffinnhold.

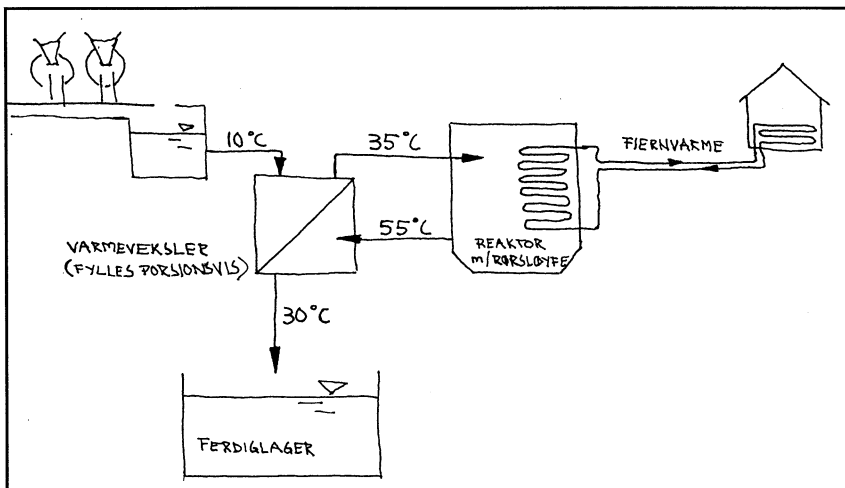
Resultatene viser at mye energi kan hentes ut fra både åleoppdrettslam, kadaverfisk og matavfall. Felles for disse avfallstoffene er at tørrstoffet er mer lettomsattelig enn i kommunalt slam og husdyrgjødsel. Ved å blande inn beskjedne mengder kan energiinnholdet i blandinger med energifattig råseptik økes vesentlig uten at tørrstoffinnholdet blir for høyt for prosessen. På denne måten kan slikt avfall brukes som "drivstoff" ved hygienisering og stabilisering av septikslam eller svartvann.

For å nytte denne energien effektivt må varmen i utgående masse til lageret tas vare på og det må være et reellt behov for energioverskuddet, se figur 1. Hittil har det vist seg vanskelig å konkurrere med elektrisk energi i pris. Men om grunninvesteringene belastas

"miljøkonti" eller de dekkes opp av andre inntekter, vil det svare seg å utnytte denne fornybare energien.

I Danmark er 10 sentrale biogassanlegg og 11 gårdsanlegg i drift. Mange av disse behandler organisk avfall sammen med husdyrgjødsel. Sentrale anlegg lokaliseres slik at varmen fra CHP generering (Combined Heat and Power) kan selges og nyttes som fjernvarme til tettbygde områder. Biogassen driver generatorer som produserer elektrisk kraft til nettet. Den danske energistyrelsen står bak et oppfølgingsprogram for sentrale biogassanlegg fram til 1995. Hittil har det vært vanskelig å få anleggene til å gå med økonomisk overskudd.

Spesialiserte biogassanlegg for behandling av organisk husholdningsavfall alene er nå under utvikling. Det første anlegget ble bygget i 1991 utenfor Helsingør. Det gjenstår å løse endel problemer før systemet kan regnes som operativt, som f.eks. fjerning av plastmaterialer som følger med avfallet.



Figur 1. System for utnyttelse av overskuddsvarme fra våtkompostreaktor, og varmeveksling fra utgående til inngående masse. Kalkulert varmfaktor for systemet er 3,0-3,5. (Skjelhaugen og Sakshaug 1994).

## Gjødsel

Forurensningsmyndighetenes mål er at 75% av kloakkslamproduksjonen i landet skal brukes som gjødsel og jordforbedringsmiddel i jordbruket innen år 2000. Det betinger at innholdet av miljøgifter og patogener skal være så lavt at slammene kan utnyttes som en positiv ressurs, og at det er helsemessig trygt å bruke slammene på jordbruksarealer. Samlet tilførsel av miljøgifter pr. areal-enhet skal på lengre sikt ikke føre til økning i innholdet i jorda. Bruk av kommunalt slam er underlagt forskrift om avløpsslam. Regelverk for handtering og bruk av matavfall og fiskeavfall som gjødsel er under utredning.

Avløpsslammet skal være hygienisert før bruk, dvs. hverken salmonellabakterier eller parasittegg skal kunne påvises, og antall termotolerante koliforme bakterier skal være under 2500

pr gram tørrstoff. Det er også definert maksimum innhold av tungmetaller. Organiske miljøgifter utgjør ikke noe stort problem i Norge, men oppkonsentrering av tungt nedbrytbare stoffer som PCB og PAH må unngås.

Landbruksmyndighetene er svært opptatt av at slam og avfall ikke skal forringe kvaliteten hverken i jord eller jordbruksprodukter. Det legges vekt på kvalitetskravene og kontrollrutinene ved bruk av slam.

Sæther (1995) undersøkte slamkvaliteten fra et lokalt fullskala våtkompostanleggsanlegg i Etnedal kommune og et sentralt tørrkompostanlegg (rankekompostering) i regi av Valdres kommunale renovasjon. Hygienisk kvalitet etter lagring var tilfredsstillende i våtkompostanlegget, men noe varierende i tørrkompostanlegget. Tungmetallinnholdet var klart høyest i slammene fra det sen-

**Tabell 2. Tungmetallinnhold i storfe gjødsel, tørrkompostert slam og bark og våtkompostert slam og storfe gjødsel, mg/kg tørrstoff. (Sæther 1995)**

| Tungmetall      | Grenseverdi<br>i slam | Storfe gjødsel | Tørrkompost<br>med 65% bark | Våtkompost<br>med 20%<br>storfe gjødsel |
|-----------------|-----------------------|----------------|-----------------------------|---|
| Stedforprøvetak |                       | Woldgård       | VKR-Rebnesskog              | Woldgård                                |
| Kopper, Cu      | 1000                  | 41,8           | 524                         | 127                                     |
| Sink, Zn        | 1500                  | 710            | 739                         | 335                                     |
| Kadium, Cd      | 4                     | 0.9            | 1.5                         | 1                                       |
| Kvikksølv, Hg   | 5                     | <0.07          | 2.42                        | 0.26                                    |
| Nikkel, Ni      | 80                    | 6.5            | 17.5                        | 9                                       |
| Bly, Pb         | 100                   | 10.7           | 37.8                        | 1.2                                     |
| Krom, Cr        | 125                   | 1,8            | 36                          | 3,5                                     |

trale tørrkompostanlegget, men likevel godt under de fastsatte grenseverdiene. Se tabell 2.

Avløpsslam inneholder en del planteneringsstoffer. Sammenlignet med plantenes behov er innholdet av nitrogen for

**Tabell 3. Næringsinnhold i storfe gjødsel, tørrkompostert blanding av slam og bark og våtkompostert blanding av slam og storfe gjødsel. (Sæther 1995)**

|                      | Storfe gjødsel           | Tørrkompost<br>Kloakkslam+bark  | Våtkompost<br>Septik+storfe gjødsel |
|----------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Stedforprøvetak      | Woldgård<br>gjødsellager | VKR - Rebnesskog<br>rankekompst | Woldgård<br>våtkompostlager         |
| Dato                 | 14.04.04                 | 13.04.94                        | 14.04.04                            |
| pH                   | 8                        | 6.5                             | 8                                   |
| %TS                  | 9                        | 36                              | 3                                   |
| Total-N g/100g TS    | 4                        | 1                               | 6                                   |
| Amm.-N g/100g TS     | 2                        | *                               | 4                                   |
| Nitrat-N mg/100 g TS | 2                        | *                               | 7                                   |
| P g/100g TS          | 0.8                      | 0.08                            | 1                                   |
| K g/100g TS          | 5                        | 0.2                             | 9                                   |

lavt i forhold til fosfor og kalium. Sæther (1995) fant lave verdier i tørrkompostert og barkblandet slam og høye verdier, også for nitrogenet, i slam som er våtkompostert og lagret i lukket system, se tabell 3. Behandlingsmåten påvirker sterkt slammets verdi som plantegjødsel.

Matavfall og særlig fiskeavfall er rikt på nitrogen. Ved å blande slike avfallstyper i avløpsslam blir NPK-innholdet mye bedre tilpasset plantenes behov. Da blir det også fornuft i å regne på økonomisk verdi av avløp og avfall. Men, - det hele betinger at de verdifulle stoffene ikke tapes under hygienisering, stabilisering, lagring og spredning. Tabell 3 viser at slam som er behandlet i våt form, dvs våtkompostert i reaktor og lagret i lukket kum, har næringsinnhold på høyde med husdyrgjødsel. Dersom spredningen av dette våte produktet skjer på anbefalt agonomisk måte, har det vist seg mulig å utnytte ikke bare fosfor og kalium, men også nitrogen, fullt ut til planteproduksjon.

Foreløpige økonomiske vurderinger viser at lokal behandling av avløpsslam og matavfall der næringsstoffene ikke renses bort til luft, men tas vare på som plantegjødsel, gir høy miljøgevinst til rimelig kostnad. Slike metoder ser ut til å konkurrere godt med mer tradisjonelle metoder. (Refsgaard 1994)

Spredning av hygienisert og stabilisert slam i eng ikke er tillatt. I våre husdyrrike områder, spesielt langs kysten, finnes ikke nok åpen åker som kan ta imot slammets konkurranse med husdyrgjødsel. Bruk på eng vil sikre

moderate spredmengder pr dekar og dermed bedre utnyttelse av næringsstoffer og redusere faren for avrenning. Sæther (1995) fant at det er ingen hygienisk risiko ved å spre riktig behandlet slam på grasmark, dvs på overflaten uten nedmolding. Tungmetallinnholdet steg ikke merkbart hverken i jord eller gras etter spredning av ca 90 kg slam-tørrstoff pr dekar. Resultatene gir grunnlag for revisjon av slamforskriften på dette punktet.

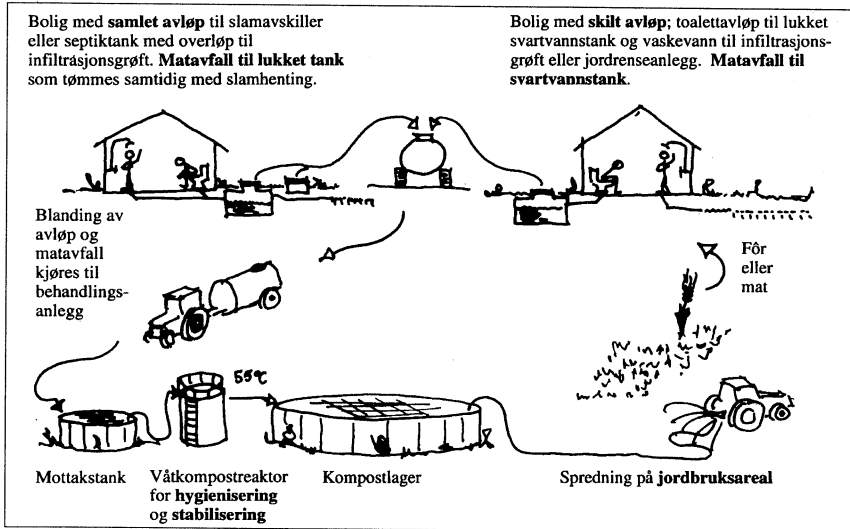
### **Et eksempel: septikslam og matavfall til kornproduksjon**

Tallene er basert på kapasiteten til et våtkompostanlegg for behandling av 800 m<sup>3</sup> slam pr år. Septikslam (årlig tømming) og matavfall fra 184 husstander våtkomposteres og lagres til vekstsesongen. Produktet får 3% tørrstoff og inneholder 1 kg N, 0,4 kg P og 0,2 kg K pr m<sup>3</sup>. Det spres på kornareal i mengde på 10 tonn pr dekar. Det gir 10 kg N, 4 kg P og 2 kg K pr dekar, en passende gjødsling av korn. Nødvendig spredeareal for slam og matavfall fra de 184 husstandene blir da 81 dekar.

### **Konklusjoner**

Energiinnholdet i kommunalt slam er moderat, men matavfall og annet organisk avfall er svært energirikt. Energien kan utnyttes dersom forholdene legges til rette for det.

Som gjødsel (plantenæring) er kommunalt slam fattig på nitrogen i forhold til fosfor og kalium. Dersom f.eks. matavfall eller fiskeavfall blandes inn, vil balansen mellom nærings-



Figur 2. Lokal økologisk avløpsslam- og matavfall-løsning basert på hygienisering og stabilisering i våtkompostreaktor. Tilstrekkelig stort ledig spredeareal må finnes i nærheten (eksempel: ved mottak fra 200 boliger kreves 85 dekar åpen åker med korn eller gras). Selve anlegget plasseres i tilknytning til et gårdsbruk der brukeren blir operatør. Miljøgifter holdes under kontroll ved å unngå å hente slam eller avfall fra risikokilder og ved jevnlig å analysere råstoffet. Produktets relative innhold av nitrogen, fosfor og kalium passer godt for gjødsling av korn.

stoffene bli bedre og den praktiske gjødselverdien øke.

Slamforskriften bør åpne for spredning av hygienisert og stabilisert våtslam på eng.

## Referanser

Refsgaard K. 1994: En samfunnsøkonomisk analyse av avløpshåndteringen i Etnedal kommune. Diskusjonsnotat #D-25/1994. Institutt for økonomi og samfunnsfag, NLH.

Sakshaug, S. 1993: Varmeproduksjon og varmeveksling ved våtkompostering i reaktor. Hovedoppgave ved Institutt for tekniske fag, NLH

Skjelhaugen O.J. og S. Sakshaug 1994: Biogass og kompostvarme, de siste års resultater fra Danmark og Norge. Faginfo nr 8-1994 s 180-187, NLH- Fagtjenesten, 1430 Ås

Skjelhaugen O.J., T.Sæther, K. Refsgaard og A. Breistrand 1994: Lokal økologisk avløpsløsning. ITF-trykk 70/1994. Institutt for tekniske fag, NLH.

Skjelhaugen O.J. og T.Sæther 1995: Avløpsslam- og matavfalløsning for grenda knyttet til jordbruket. Fagnytt teknikk 8-1995, 4s. Infosenteret, Forskningsparken i Ås.

Sæther T. og O.J.Skelhaugen 1994: Hygienisering og stabilisering av kil-desortert matavfall og fiskeoppdretts-avfall i våtkomposteringsreaktor. ITF-trykk 69/1994. Institutt for tekniske fag, NLH.

Sæther T. 1995: Tungmetaller og pato-gener i eng etter spredning av våtkom-postert kloakkslam. ITF-rapport 70/1995. Institutt for tekniske fag, NLH.