

Avanceret biomassebehandling ved termisk hydrolyse

Slambehandling på Fredericia Centralrenseanlæg

Af Jens Munck, Cambi A/S, jens.munck@cambi.dk

I oktober 2001 blev det termiske hydrolyseanlæg på Fredericia Centralrenseanlæg indviet.

Fredericia Centralrenseanlæg har store industrielle tilladelser fra mejeri, bryggeri, raffinaderi og gødningsfremstilling i oplandet og er et af de tre største renseanlæg i Danmark, de to andre er Lynetten i København og Avedøre Renseanlæg syd for København.

Formålet med anlægget er at konditionere overskudsslammet fra renseanlægget på en sådan måde, at den efterfølgende anaerobe behandling (udrådnings) giver et maksimalt biogasudbytte og som følge heraf formindsker mængden af slam. Erfaringerne viser, at afvandingssegenskaben forbedres betydeligt. Derfor reduceres den slammængde, der skal slutdisponeres, væsentligt.

I Dansk Kemi nr. 6, 1999 er de grundlæggende begreber for den termiske hydrolyseproces beskrevet ligesom de økonomiske konsekvenser ved en implementering med baggrund i den eksisterende lovgivning.

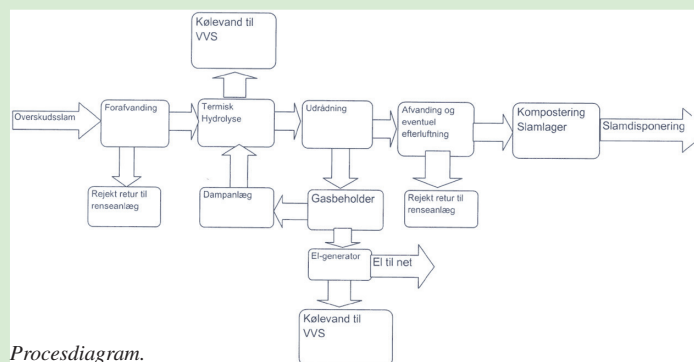
Termisk hydrolyse af bioslam fra renseanlæg er en teknik, som har været kendt i mange år og benyttet specielt i 1930'erne til konditionering af slam. Alle disse anlæg er nedlagt, de fleste på grund af lugtgener. I 1990'erne blev processen og udstyret nyudviklet, og i dag er otte anlæg i drift i Europa, heraf to i Danmark, hvor ovennævnte lugtgener er elimineret.

De to anlæg i Danmark er i drift på Fredericia Centralrenseanlæg (kap. 40.000 t slam/år) og Næstved Centralrenseanlæg (kap. 8.000 t slam/år).

Anlæggene

Slambehandlingsanlæggene består alle af følgende enheder, jfr. nedenstående procesdiagram:

- Forafvanding, hvor slammet afvandes til mellem 15 og 20% TS



Procesdiagram.



Det termiske hydrolyseanlæg på Fredericia Centralrenseanlæg. Kapacitet 40.000 tons slam pr. år.

- Det termiske hydrolyseanlæg, hvor slammet behandles ved 165°C og 6,5 bar tryk ved direkte damptilsætning
- Rådnetanke (anaerobe reaktorer)
- Efterluftning af det udrådnede slam eller rejekt med henblik på omdannelse af ammonium til nitrat
- Slutafvanding
- Kompostering af slutaftvandet slam

Det tekniske vand, dvs. spulevand til rensning af tanke o.l., der benyttes, er membranfiltreret hygiejniseret spildevand. Ud fra det tekniske vand fremstilles ved en yderligere membranfiltrering kedelfødevand til dampanlægget.

Som det fremgår af ovenstående, er slambehandlingsanlæggene p.t. de mest avancerede anlæg i kommerciel drift i Nord-europa.

Processen

Ved den termiske hydrolyse behandles slammet ved 165°C og 6,5 bar tryk i ca. 30 min, det medfører at:

- Slammet steriliseres
- Cellestrukturen nedbrydes, og organisk stof opløses
- pH ændres fra 7,5 til 6,0 pga. dannelse af organiske syrer

Disse forhold har signifikant betydning for den efterfølgende anaerobe behandling (udrådnings), hvor det organiske stof omdannes til CH_4 og CO_2 . Denne proces foregår normalt i tre trin, jf. nedenstående:

1. Hydrolyse af organisk stof
2. Syredannelse, hvor organisk stof omdannes til lavmolekylære organiske syrer
3. Methandannelse, hvor disse syrer omdannes til CH_4 og CO_2

Hastigheden af syretrinsprocessen er ca. fire gange større end hastigheden ved methanprocessen.

Fordelene ved implementering af en termisk hydrolyseproces vil derfor være følgende:

1. Slammet steriliseres
Det medfører, at biokulturen i den anaerobe proces ingen konkurrence får fra »fremmede« kulturer, men kan specialiseres mere og mere
2. Cellestrukturen nedbrydes, og organisk stof opløses
Det medfører, at det organiske stof bliver mere tilgængeligt for mikroorganismene, og endvidere at viskositeten reduceres væsentligt.
3. Hydrolyse og dannelse af organiske syrer

Det medfører, at dette processtrin i stor udstrækning er før den anaerobe reaktor. Koncentrationen af de methandannende mikroorganismer i rådnetanken kan derfor øges, idet den nødvendige koncentration af de syredannende mikroorganismer reduceres. Dvs., at der opnås en væsentligt større omdannelse af organisk stof til biogas, og dermed reduceres den mængde slam, der skal slutdisponeres betydeligt.

Sammenlignes med en konventionel proces, hvor der behandles biologisk overskudsslam med et organisk indhold på 65% og et COD (Chemical Oxidation Demand) på 1 kg pr. kg TS, kan følgende opstilles:

Parameter	Konventionel proces	Med termisk hydrolyse
Omdannelse af COD i slammet til biogas, %	25-30	54-60
Methanindhold i den dannede biogas, %	60-65	64-68
Nødvendig opholdstid i rådnetanken, d	20	12
Reduktion af slamtørstof, %	16-20	35-40

Energibalance

Ved den termiske hydrolyse benyttes damp til opvarmning. Forbruget af damp, under de beskrevne forudsætninger og med den procesopbygning, som Cambi benytter, udgør ca. 0,2 kg damp pr. kg slam (15% TS).

Efter den termiske hydrolyse er koncentrationen 10 til 13% TS pga. dampkondensering, vand til akseltætninger på pumperne og spædevand til processen.

Sammenlignes med en konventionel proces, hvor rådnetanken fødes med et slam på 5% TS og et indhold af COD på 1 kg pr. kg TS, kan følgende opstilles pr. m³ slam og pr. kg behandlet TS.

Parameter	Konventionel	Termisk hydrolyse
Slam til rådnetank, % TS	5% TS	10% TS
Opvarmning af slam, kWh/m ³	35	122
Biogas med 65% methan, m ³ /m ³	7,5	28,5
Energiindhold i biogassen, kWh/m ³	50	200
Systemtab (30%), kWh/m ³	15	60
Reelt overskud, kWh/m ³	0	18,5
Overskud, kWh pr. kg TS	0	0,2
Energioverskud, %	0	15

Alle erfaringer fra danske renseanlæg, der behandler biologisk overskudsslam anaerobt, viser, at energiudbyttet er ± 0.

For anlæg med termisk hydrolyse er energioverskuddet målt til mellem 10% og 50% afhængig af størrelse og slamtype. Jo større anlæg, desto bedre energioverskud, idet systemtabet er mindre ved større anlæg. Herudover vil et højere COD-indhold i slammet også medføre et større energioverskud.

Slutafvandingen

Undgå brodannelse - opnå optimalt resultat

Kendetegnet ved pumper fra **seepex** er at de er designet specielt efter det pumpede medies egenskaber samt kundens specifikationer - derved opnås optimal effektivitet.

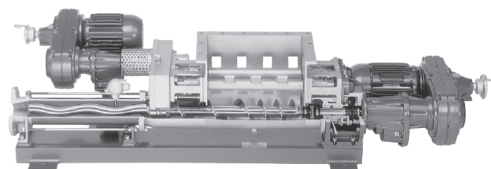
seepex's pumpegruppe T anvendes til højviskose produkter som har ringe eller ingen flydeegenskaber og spe-

cielt når mediet har tendens til brodannelse. Vi fokuserer på, i dialog med vore kunder, at tilgodese behovet for fordelagtig økonomi, driftssikkerhed og materialevalg ud fra mediet som skal pumpes.

seepex's pumpegruppe T anvendes med fordel indenfor miljøteknik til bl.a. pumping

af afvandet slam med tørstofindhold på 18-45% med eller uden tilsætning af kalk, med en kapacitet op til 25 m³/h afhængig af tørstofindhold.

Kontakt **seepex Nordic AS** for yderligere information.



**Mød os på DanMiljø
Stand nr. F5060**

seepex Seeberger GmbH er markedsledende specialister indenfor ekscentersnekkepumper. Virksomheden blev grundlagt i 1972 og har idag hovedkontor og produktion i Tyskland. **seepex** er repræsenteret i over 50 lande over hele verden, i Danmark siden 1978 under navnet Inter-Pump A/S. I 2001 overtog **seepex** Seeberger GmbH aktiemajoriteten i Inter-Pump A/S og virksomheden skiftede navn til **seepex Nordic AS**.

seepex

Vi bidrager til fremgang

seepex Nordic AS
Bakkegårdsvej 411
3050 Humlebæk
Tlf 49 19 22 00
Fax 49 19 32 00

info@seepex.dk
www.seepex.com



Ved den konventionelle proces opnås normalt et tørstofindhold på 18 til 20%, hvor der med den termiske hydrolyseproces opnås 30 til 35% TS. Desuden er biogasproduktionen ca. to gange større, hvilket medfører, at den mængde slam, der skal sluttidponeres, reduceres med over 50%.

Herudover er det hydrolyserede slam efter den anaerobe behandling væsentligt mere velegnet til kompostering. Bl.a. viser erfaringen fra Næstved en yderligere ca. 25% slamreduktion ved kompostering.

Rejektvandsbehandling

Ved indførelse af termisk hydrolyse af slam vil fraktionen af opløst phosphor og ammonium efter den anaerobe proces øges. Det kan medføre kapacitetsproblemer på renseanlægget ved tilledning af rejektet fra slutaftvandingen. Det vil derfor i mange tilfælde være nødvendigt at foretage en fjernelse specielt af ammonium, idet phosphor ved en simpel kemisk fældning kan fjernes sammen med slammet. Dette, også for at opretholde et gunstigt forhold mellem tungmetaller og P i slammet, af hensyn til disponering på landbrugsarealer.

For ammonium kan en biologisk nitrifikation og denitrifikation benyttes eller en omdannelse til nitrit, der sammen med ammonium biologisk kan omdannes til frit nitrogen, denne proces er endnu under udvikling. Førstnævnte proces er velkendt og benyttes på Fredericia Renseanlæg.

I disse år arbejdes der intenst med behandling af rejektvand fra slutaftvandingen, idet belastningen med ammonium udgør op til 30% af den totale belastning på et renseanlæg. Fordelene ved en separat behandling er, at rejektet er højkoncentreret, 1500-3000 mg N/l, 20-30°C varmt og mængden i m³ begrænset.

Dampfremstilling

Vandet til dampfremstillingen på anlæggene i Næstved og Fredericia fremstilles ved membranfiltrering af rensset afløbsvand fra renseanlægget. Omkostninger til vandfremstillingen vil typisk udgøre 2 til 5 kr. pr. m³ vand. Benyttes vandværkswand vil omkostningen udgøre fra 10 til 25 kr. pr. m³, pga. afgifter.

Den producerede biogas fra udrådningen benyttes i dampkedlen, overskudsgas bruges til fremstilling af el-energi, der sendes ud på nettet. Overskudsvarme i form af kølevand fra gasmotor udnyttes til rumopvarmning og varmt vand. Kølevand fra det termiske hydrolyseanlæg indgår ligeledes i varmforsyningen på renseanlæggene.

Fredericiaanlægget

Designkriterierne for anlægget er følgende

Kapacitet:	40.000 t slam/år (20% TS)
Driftstid:	7.600 h/år
Biogasproduktion:	3 mio. m ³ /år
Methanindhold:	65%
Fuldautomatisk drift	
Slutaftvandet slam:	15.000 t slam/år (30% TS)

Anlægget:	
Forafvanding:	2 stk. centrifuger for afvanding til 15-20%
Termisk hydrolyseanlæg:	Pulper 26 m ³ 2 stk. reaktorer á 12 m ³ Flashtank 26 m ³
Anaerobt anlæg:	2 stk. reaktorer á 2000 m ³
Slutaftvanding:	Centrifuge for afvanding til 30% TS
Efterluftning:	Reaktor 500 m ³
Vandanlæg:	14 m ³ /h
Dampanlæg:	4 t/h, 14 bar

På grund af det meget saltholdige vand på Fredericia Centralrenseanlæg er alle konstruktionsmaterialer valgt i et samarbejde med kommunen, Force Institutet og Cambi. Resultatet blev et duplex (SAP 2205) materiale.

Vandanlægget

En væsentlig del af denne installation er et stort omvendt osmoseanlæg inkl. forbehandling i form af sand- og kulfiltre fra Guldager A/S.

Opgaven var at rense mindst 14 m³/h af det spildevand, der ellers ville blive ledt ud i Lillebælt til henholdsvis teknisk vand (10 m³/h) og kedelfødevand (4 m³/h), for derved at give en besparelse og en miljømæssig fordel. Vandet fra renseanlægget er meget saltholdigt og har en ledningsevne på op til 1000 mS/m.

Anlægget er dimensioneret ud fra data opnået ved drift af et pilotanlæg i en periode på ca. to måneder.

Anlæggets funktion er som følger: Renset og efterklaret spildevand fra renseanlægget ledes gennem et børstefilter for fjernelse af de største partikler inden vandet pumpes ind i sandfiltre og herefter tilføres chlor for fjernelse af bakterier og andre mikroorganismer fra det biologiske renseanlæg. Vandet føres herefter gennem kulfiltre for fjernelse af overskydende chlor, da membranerne i det omvendte osmoseanlæg ikke tåler chlor.

I det omvendte osmoseanlæg bortfiltreres 99% af saltene med koncentratet ved et tryk på ca. 50 bar. Membranens porer er så små, at selv mikroorganismer som bakterier og pyrogener ikke kan trænge igennem. Efter denne behandling kan det rensede vand, ca. 10 m³/h, benyttes til spulevand o.l. på renseanlægget.

En mindre del af dette rensede vand underkastes en yderligere filtrering gennem to stk. omvendte osmoseanlæg, der fjerner 99% af de resterende salte, inden vandet pumpes til det termiske hydrolyseanlæg for dampfremstilling (4 m³/h). Kravet til kedelfødevandet er bl.a. en ledningsevne på under 20 mS/m.

Økonomi

Udgifterne til slamdisponeringen udgør i dag en meget stor del af de samlede driftsomkostninger for et renseanlæg.

Det er normalt, at omkostningerne udgør op til 400 kr./t våd slam ved udbringning på landbrugsarealer. Ved deponering på losseplads er omkostningerne ca. tre gange større, dvs. ca. 1.000 kr./t våd slam inkl. afgifter o.l.

Derfor giver et termisk hydrolyseanlæg en væsentlig reduktion i omkostningerne, idet slammængden halveres. Herudover kan implementeringen medføre, at alle krav til disponering på landbrugsarealer opfyldes, hvorved besparelsen bliver endnu større.

Det var tilfældet på Næstved-anlægget, hvor de miljøfremmende stoffer ved en driftsomlægning i forbindelse med bygningen af det termiske hydrolyseanlæg blev reduceret så meget, at de skærpede krav fra den 1. juli 2001 kunne overholdes.

For Fredericia betyder det p.t. en besparelse på ca. 5 mio. kr./år og ved fuld kapacitet over 10 mio. kr./år.

Investeringen har udgjort ca. 30 mio. kr. inkl. etablering af nye centrifuger, ombygninger, SRO o.l. Det termiske hydrolyseanlæg udgør ca. 60% af investeringen.

Driftsomkostningerne på det termiske hydrolyseanlæg opvejes normalt af den øgede biogasproduktion, der anvendes til elproduktion og opvarmning.

I Næstved har implementeringen betydet, at slammængden til disponering er reduceret fra ca. 5.000 t slam/år til ca. 2.000 t/år, og da alle krav opfyldes til spredning på landbrugsarealer, er besparelsen over tre mio. kr./år. Det termiske hydrolyseanlæg udgjorde ca. 60% af anlægsinvesteringen på ca. 12 mio. kr.

Perspektiver

Termisk hydrolyse af biomasse (slam) er en løsning, der på

længere sigt kan betyde en anden og mere konstruktiv tænkning, idet den åbner mulighed for:

- Væsentlige driftsbesparelser
- At slammet hygiejniseres og kan anvendes i landbruget
- At behandlingen ved 165°C og 6,5 bar i ca. 30 min. sikrer, at alle sygdomsfremkaldende mikroorganismer (BSE o.l.) er elimineret
- Optimal udnyttelse af slammets energiindhold

Processen har imidlertid også andre anvendelsesmuligheder:

- Destruktion af genmanipuleret materiale
- Sterilisering af biomasse, som samtidig gøres tilgængelig for en mikrobiel omdannelse til fremstilling af andet end methan. Dette kunne være halvfabrikata til den kemiske industri eller ethanol o.l.

Referenceanlæg

Følgende anlæg er i drift:

Aberdeen, Skotland	80.000 t slam pr. år
Borregård, Norge	20.000 t slam pr. år/industrieanlæg
Chertsey, England	16.000 t slam pr. år
Dublin, Irland	160.000 t slam pr. år
Fredericia, Danmark	40.000 t slam pr. år
HIAS, Norge	15.000 t slam pr. år
Næstved, Danmark	8.000 t slam pr. år
Lillehammer, Norge	15.000 t affald pr. år/husholdningsaffald

Kilder:

Ursula Kepp and Odd Egil Solheim, Meeting increased demands on sludge quality – experience with full scale plant for thermal disintegration, 9th World Congress anaerobic Digestion 2001, Antwerp, Belgium, September 2-6, 2001

Ursula Kepp, Keith Panter and Odd Egil Solheim, High dry solids digestion,

CIWEM/Aqua Enviro 5th European Biosolids and Organic Residuals Conference, November 2001, Cedar Court, Wakefield, UK

U. Kepp, O.E. Solheim and S. Molde, Thermal Hydrolysis as Pre-treatment of digestion feed, ISWA World Congress 2001 Incorporating, Stavanger 3-5 September, 2001

Carsten Fjordside, An operating tale from Næstved Sewage Treatment Plant, Municipal Wastewater Treatment Nordic Conference, January 2001, Copenhagen

Tor Fjærgaard, Ove Sander, Five Years experience with the Cambi process at HIAS, Nordic Conference in Copenhagen, January 17-19, 2001

Ursula Kepp and Odd E. Solheim, Thermo dynamical assessment of the digestion process, CIWEM/Aqua Enviro 5th European Biosolids and Organic Residuals Conference, November 2000, Cedar Court, Wakefield, UK

N. Weisz, U. Kepp, M. Norli, K. Panter and O.E. Solheim, Sludge disintegration with thermal hydrolysis – cases from Norway, Denmark and United Kingdom, 1st World Water Congress of the International Water Association (IWA) Paris 3-7 July, 2000

U. Kepp, O.E. Solheim and N. Weisz, Cambi – the Digester »Turbo-Charger«, II International Symposium on Aerobic Digestion of Solid Waste, June 1999, Barcelona, Spain

J. Munck, Termisk hydrolyse af bioslam og efterfølgende anaerob behandling (thermal hydrolysis of secondary sludge and the following anaerobic treatment), Dansk Kemi, 6, 1999, Denmark

J. Sørensen og G. Tholstrup etc., Anaerobic digestion and thermal hydrolysis to reduce Production of sludge in WWTPs, Vatten 55, 45-51, 1999, Lund, Sweden

STRANDMØLLEN INDUSTRIGAS A/S
Med tryk på fleksibilitet

LAB LINE®
Er det gas, eller gør vi lidt ekstra for at levere hurtigt?
Hurtig levering og grundig dokumentation. Det er nøgleordene for gasserne i Strandmøllens LAB LINE® serie. Alle rene gasser og gasblandinger fremstilles hurtigt og effektivt og for hver flaske medfølger et certifikat. Med certifikatet dokumenterer vi renhedsgrad, tolerancer, stabilitetsperiode mv. Og ligesom for gasserne er LAB LINE® seriens udstyr, centralanlæg og reduktionsventiler sporbare.
Strandmøllen Industriegas A/S · Strandvejen 895 · 2930 Klampenborg · Tlf. 45 80 30 05