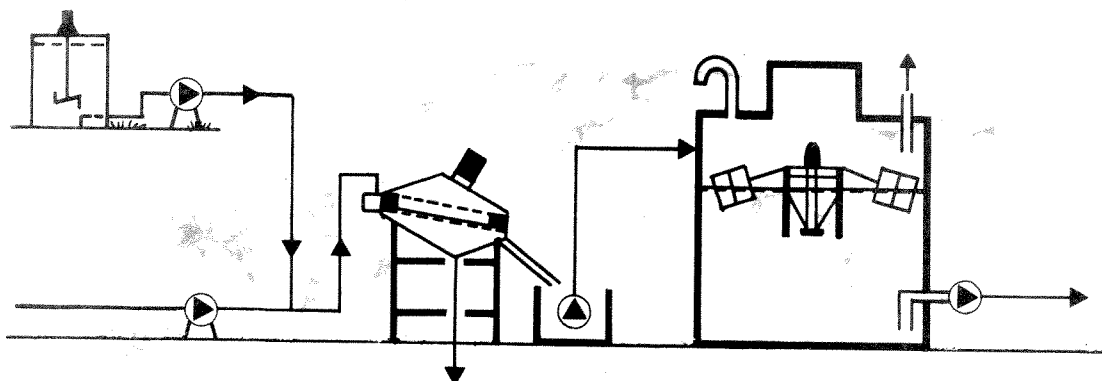




RAPPORT 1884

0-84050

Hygienisering av slam ved lufttilførsel (Janca-prosessen)



NIVA i samarbeid med Norges veterinærhøgskole

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse:
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Rapportnummer:

O-84050

Undernummer:

Løpenummer:

1680

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Hygienisering av kloakkslam ved lufttilførsel
(JANCA-prosessen)
VA-18/84

Dato:

24. september 1984

Prosjektnummer:

O-84050

Forfatter(e):

Bjarne Paulsrud
Gunnar Langeland

Faggruppe:

VA-teknikk

Geografisk område:

Antall sider (inkl. bilag):

31

Oppdragsgiver:

Hedemarken Interkommunale Avløpssamband
Heas Miljøteknikk A/S

Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):

Ekstrakt:

Syv ukers forsøk i pilotskala ved HIAS-renseanlegget har vist at JANCA-prosessen (lufttilførsel til foravvannet slam) er en aktuell metode for hygienisering av kloakkslam. Ved satsvis drift av hygieniseringsreaktoren med tilførsel av råslam annenhver dag, kunne man opprettholde temperaturer over 60 °C i ca. 30 timer. Dette ga et tilfredsstillende hygienisert slam. Ved denne driftsform ble det ikke oppnådd et stabilt (luktfritt) slam, og det må tas hensyn til luktutvikling fra slammene under prosessen og ved etterfølgende behandling. Foravvanningsutstyret (vibrasjonssikt) fungerte ikke tilfredsstillende, men dette kan erstattes med annet utstyr (f.eks. avvanningscontainer).

4 emneord, norske:

1. Slambehandling
2. Hygienisering
3. JANCA-prosessen
4. Overflateluft VA-18/84

4 emneord, engelske:

1. Sludge treatment
2. Hygienization
3. JANCA-process
4. Surface aerator

Prosjektleder:

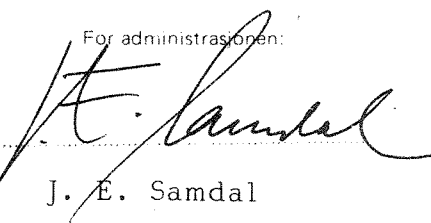


Bjarne Paulsrud
Divisjonssjef.



Oddvar Lindholm

For administrasjonen:


J. E. Samdal

ISBN 82-577-0858-5

Lars N. Overrein

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

NORGES VETERINÆRHØGSKOLE

O-84050

HYGIENISERING AV KLOAKKSLAM VED LUFTTILFØRSEL
(JANCA-PROSESSEN)

Oslo, 24. september 1984

Prosjektleder:
Bjarne Paulsrud
Aquateam, Norsk vannteknologisk
senter A/S

Medarbeidere:
Gunnar Langeland
Norges Veterinærhøgskole

Svein Erik Moen,
Steinar K. Nybruket og
Johan Rasmussen
Hedemarken Interkommunale
Avløpssamband

FORORD

Denne rapporten presenterer resultatene fra forsøk i halvteknisk skala med hygienisering av slam ved lufttilførsel (Janca-prosessen). Forsøkene er gjennomført ved renseanlegget til Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS). Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har vært ansvarlig for prosjektet etter oppdrag fra HIAS og den danske leverandøren JANCA (nå Heas Miljøteknikk A/S). Undersøkelsen er finansiert av oppdragsgiverne og med økonomisk støtte (kr 80.000) fra NTNFs Program for VAR-teknikk.

HIAS har selv hatt hovedansvaret for driften av forsøksanlegget, men med bistand fra leverandørfirmaet og dets norske representant (Moos Tekniske A/S). Vi vil få takke alle for en helhjertet innsats og en spesiell takk til maskinsjef Rasmussen, HIAS, som tilbrakte mange week-ender sammen med forsøksutstyret. Vi vil også få takke helserådsinspektør Nymo, Hedemarken interkommunale næringsmiddelkontroll for prøvetakingen til bakteriologiske analyser, lab.leder Kirkeby, Vannlaboratoriet for Hedemark, som ansvarlig for de kjemiske analysene og ingeniør Solsrud, Norges veterinærhøgskole (NVH) som har utført de bakteriologiske analysene.

Kommuneveterinær Langeland i Asker og Bærum (tidligere amanuensis ved Institutt for næringsmiddelhygiene, NVH), har i nær kontakt med professor Underdal, NVH, hatt ansvaret for den hygieniske del av prosjektet, mens undertegnede (nå ansatt i Aquateam, Norsk vannteknologisk senter A/S) har vært prosjektleder for NIVA.

Oslo, 24. september 1984

Bjarne Paulsrud
Bjarne Paulsrud

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1. BAKGRUNN OG MÅL	6
2. BESKRIVELSE AV FORSØKSANLEGGET	8
3. GJENNOMFØRING AV FORSØKENE	10
3.1 Forsøksperioder	10
3.2 Målinger og registreringer	10
3.3 Prøvetaking og analyser	11
4. FORSØKSRESULTATER OG VURDERINGER	14
4.1 Belastningsforhold	14
4.2 Foravvanning	14
4.3 Temperaturer	17
4.4 Hygienisering	18
4.5 Stabilisering	21
4.6 Avvanning	23
4.7 Energiforbruk	24
4.8 Praktiske erfaringer/driftsproblemer	24
5. REFERANSER	26
VEDLEGG	28

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

I løpet av en 7 ukers periode (mai/juni 1984) er det gjennomført forsøk i halvteknisk målestokk med hygienisering av slam ved lufttilførsel (Janca-prosessen). Prosjektet er gjennomført av Norsk institutt for vannforskning i samarbeid med Norges veterinærhøgskole etter oppdrag fra Hedemarken Interkommunale Avløpssamband og det danske leverandørfirmaet Heas Miljøteknikk A/S. NTNFs Program for VAR-teknikk har støttet forsøkene økonomisk.

Hensikten med prosjektet har vært å bestemme de driftsbetingelser som må oppfylles for at denne prosessen skal kunne produsere et hygienisk tilfredsstillende slamprodukt.

Janca-prosessen forutsetter at råslammet skal foravvannes til 8-10% tørrstoffinnhold i en spesiell vibrasjonssikt for deretter å bli pumpet inn i en lukket, isolert hygieniseringsreaktor. I reaktoren er det plassert en overflateluffer som "pisker" luft inn i slammet og holder det i omrøring. Driften av forsøksanlegget har vært basert på en satsvis inn- og utpumping av slam, dvs. reaktoren ble fylt opp med foravvannet slam, og så har luftingen fortsatt i en fastsatt tid før en viss mengde slam er blitt tatt ut. Deretter er den utpumpete slammengden blitt erstattet med nytt råslam, og en ny syklus har startet.

På grunnlag av de utførte undersøkelser kan vi trekke følgende hovedkonklusjoner vedrørende bruk av Janca-prosessen for hygienisering av slam:

1. Ved daglig tilførsel av råslam til hygieniseringsreaktoren (midlere hydraulisk oppholdstid: 1,9 døgn) var det mulig å opprettholde temperaturer over 60 °C i 8-12 timer før neste slaminnpumping. Dette ga bare en begrenset hygienisk kvalitetsforbedring (hygienisering).

2. Ved tilførsel av råslam til hygieniseringsreaktoren annenhver dag (midlere hydraulisk oppholdstid: 3,1 døgn) kunne man opprettholde temperaturer over 60 °C i 27–34 timer før neste slaminnpumping. Dette ga en betydelig hygienisering, og dersom forsøksresultatene er representative for prosessen, vil slikt slam kunne brukes uten spesielle restriksjoner av parasittologisk eller mikrobiologisk art.
3. Reduksjonen av organisk stoff gjennom prosessen er i størrelsesorden 20–25%, men verdiene er usikre på grunn av korte forsøksperioder og store variasjoner i tilført mengde organisk stoff. En slik reduksjon av organisk stoff vil ikke gi et stabilt slam, og en må derfor regne med luktproblemer i forbindelse med den etterfølgende behandling av slammet.
4. Foravvanningsutstyret (vibrasjonssikten) har ikke fungert tilfredsstillende. Dette gjelder både kapasitet, funksjon, TS-innhold i avvannet slam og rejektivannets kvalitet. Andre typer enkelt avvanningsutstyr (f.eks. avvanningscontainer) vil sannsynligvis være bedre egnet for formålet.
5. Enkle avvanningsforsøk med silbåndpresse har vist at det hygieniserte slammet har omtrent de samme avvanningsegenskaper som råslammet ved anlegget.
6. Strømforbruket for prosessen har ligget på ca. 30 kWh pr. m³ slam fra fortykker ved daglig slamtilførsel og ca. 42 kWh/m³ ved slamtilførsel annenhver dag.

1. BAKGRUNN OG MÅL

Smittestoff og lukt kan være et problem ved disponering av slam fra kloakkrenseanlegg. Hygienisering og stabilisering av slam er derfor blitt omfattet med betydelig interesse i Norge. Statens forurensningstilsyn (SFT) har utgitt retningslinjer for lagring og disponering av slam (1). Her er kravet til lav smittefare aktualisert ved det primære ønsket om bruk av slammet på jordarealer. Faren for smitte av dyr og mennesker reduseres om slammet gjennomgår en hygieniseringsprosess før det spres. Alternativt kan man føre en restriktiv disponeringspolitikk, hvilket betyr at verdifulle næringsstoffer i slammet ikke blir nyttiggjort.

De mest aktuelle hygieniseringsmetoder for norske forhold er kompostering, kalkbehandling og aerob, termofil stabilisering (våtkompostering). Lagring over lengre tid vil også gi slammet en hygienisk kvalitetsforbedring. De to førstnevnte metoder finnes det fullskala erfaringer med fra undersøkelser i slutten av 70-årene (2), mens den tredje metoden er blitt lansert og utprøvd her i landet i løpet av de siste 3-4 år i et samarbeid mellom Norsk institutt for vannforskning, Aga-Norgas A/S og Norges veterinærhøgskole (3), (4). Ved denne prosessen utnyttes energien som frigjøres ved biologisk omsetning av organisk materiale, til å varme opp og derved hygienisere slammet. For å kunne opprettholde tilstrekkelig høy temperatur (ca. 60 °C eller mer) er man avhengig av at slammet inneholder nok organisk materiale, at oksygentilførselen er god og at varmetapet fra prosessen holdes lavt. I Norgas-prosessen tilsettes ren oksyngass, og omrøring av slammet skjer ved rundpumping. Dette gir små varmetap til omgivelsene og metoden kan tilpasses eksisterende bassengvolumer. Nesten ett års fullskala drift av denne prosessen ved renseanlegget til Hedemarken Interkommunale Avløpssamband (HIAS) har dokumentert hvilke driftsbetingelser som må være oppfylt for å gi tilfredsstillende hygienisering av slammet (4).

Under fullskalaforsøkene med Norgas-prosessen ble det lansert en annen metode for aerob, termofil stabilisering av slam: Janca-prosessen. Denne er basert på oksygentilførsel til slammet ved hjelp

av en overflateluft, som "pisker" luft inn i slammet. Nødvendig hygieniseringstemperatur skal kunne oppnås ved økning av organisk stoff-konsentrasjonen i slammet (foravvanning til 8-10% TS) og ved isolering av hygieniseringsreaktoren. Prosessen var tidligere utprøvd i Danmark som forbehandling før anaerob stabilisering (utråtning), men det var ingen erfaringer med bruk av metoden alene for hygienisering av slam.

For å skaffe nødvendig vurderingsgrunnlag for Jancaprosessen ble det etablert et samarbeidsprosjekt mellom HIAS og det danske leverandørfirmaet JANCA (nå HEAS Miljøteknikk A/S). Prosjektet ble støttet økonomisk av NTNFs Program for VAR-teknikk. Målsettingen var, ved hjelp av forsøk i halvteknisk målestokk, å bestemme de driftsbetingelser som måtte oppfylles for å kunne produsere et tilfredsstillende hygienisk slamprodukt.

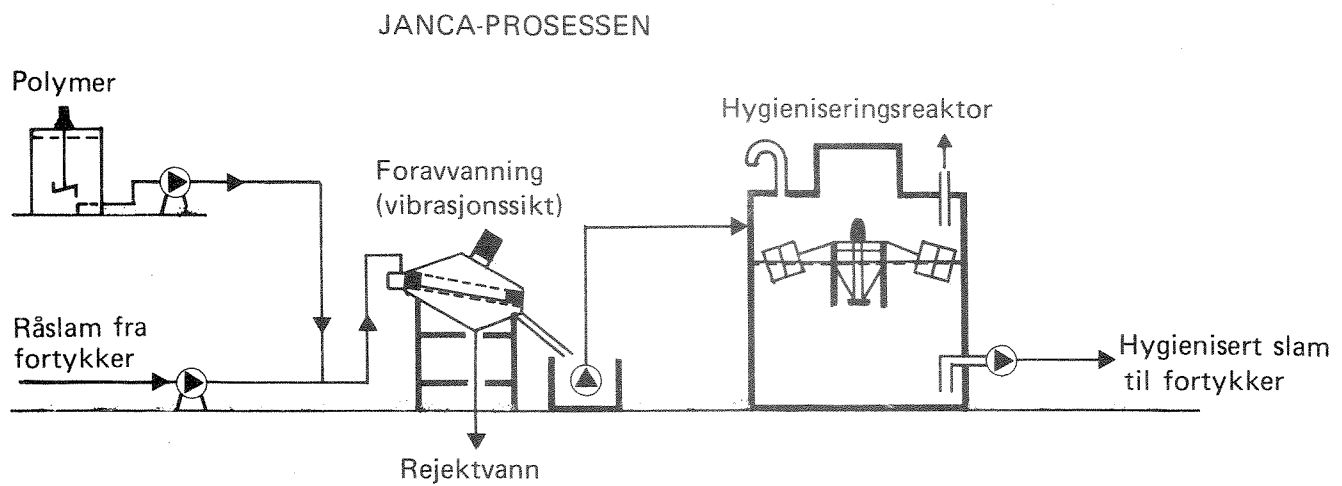
2. BESKRIVELSE AV FORSØKSANLEGGET

HIAS-anlegget er et mekanisk-biologisk-kjemisk renseanlegg (etterfelling) dimensjonert for ca. 75 000 pe. og med ca. 50 000 pe. tilknyttet (1983). Forsøksanlegget, som ble plassert i fortykkerhallen, besto av en foravvanningsenhet (vibrasjonssikt) med tilhørende polymerutrustning og selve hygieniseringsreaktoren med overflateluffer for lufttilførsel til prosessen. Figur 1 viser en prinsippskisse og figur 2 et foto av forsøksoppstillingen.

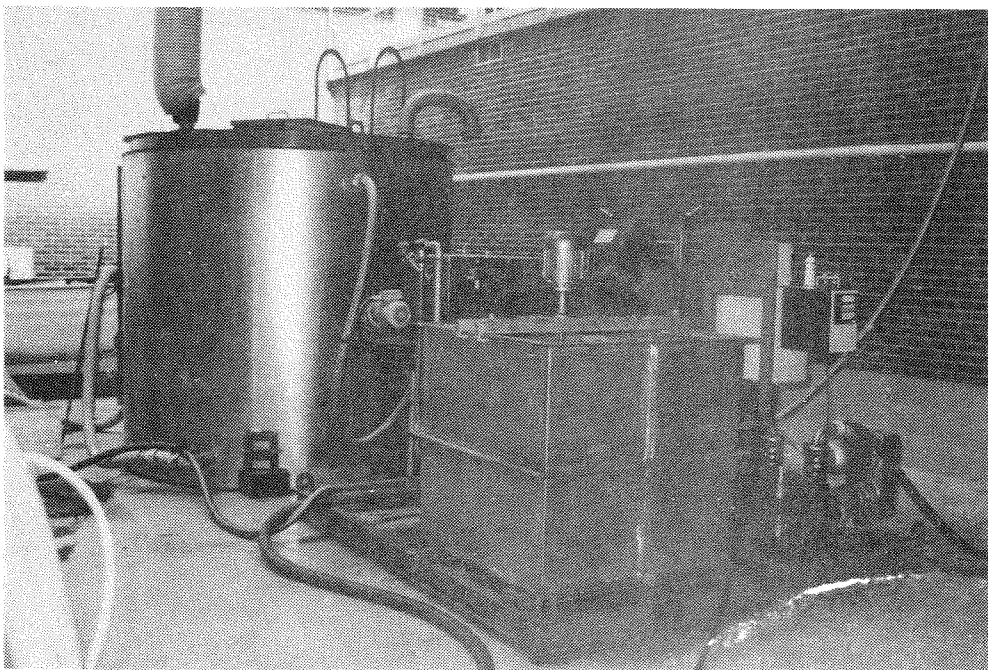
Råslam ble pumpet fra en av anleggets fortykkere og inn på vibrasjonssikten. Polymer ble tilsatt umiddelbart foran denne. Det kondisjonerte slammet ble så fordelt utover den skråstilte silduken som vibrerte med en stillbar slaglengde. Dette utstyret, som egentlig har sin opprinnelse innenfor osteproduksjon, skulle ha en kapasitet på 1 m³/h. Det oppkonsentrerte slammet ble samlet opp i en liten beholder hvorfra det ble pumpet med eksenterskruepumpe til hygieniseringsreaktoren. Rejektvannet ble samlet opp under silduken og ledet tilbake til renseanleggets innløp.

Hygieniseringsreaktoren besto av en sylindrisk ståltank isolert med 10 cm mineralull og med luke på toppen. Maksimalt effektivt volum var ca. 4 m³. Overflatelufferen, som flyter på tre pontonger, hadde en installert effekt på 3 kW, og start og stopp av lufferen kunne skje automatisk basert på temperaturen i tanken. Luften ble sugd inn gjennom et rør øverst på tanken og rotoren på lufferen sørget for en kraftig omrøring i slammet. På avtrekksrøret fra tanken var det montert en vifte som skulle øke lufttilførselen til tanken. Denne var bare i bruk i deler av forsøksperioden. Etter en viss oppholdstid i tanken ble slammet pumpet over i den andre av HIAS-anleggets slamfortykkere, og ble der blandet med det ubehandlede slammet.

I en kortere periode (ca. 14 dager) ble det også gjort avvanningsforsøk med det hygieniserte slammet. Det ble da benyttet en liten silbåndpresse (kapasitet ca. 2,5 m³/h) av samme fabrikat (Saltec) som nylig er installert i fullskala ved HIAS-anlegget.



Figur 1. Prinsippskisse av forsøksoppstillingen.



Figur 2. Forsøksanlegget med hygieniseringsreaktoren bakerst og polymertanken foran. Vibrasjonssikten står mellom de to tankene.

3. GJENNOMFØRING AV FORSØKENE

Driften av forsøksanlegget har vært basert på en satsvis inn- og utpumping av slam, dvs. reaktoren ble fylt opp med foravvan- net slam og så har luftingen fortsatt i en fastsatt tid før en viss mengde slam er tatt ut. Deretter er den utpumpete slammengden erstattet med nytt råslam, og en ny syklus er startet. Dette drifts- settet er det samme som tenkes benyttet i fullskala anlegg.

3.1 Forsøksperioder

Slik som forsøkene utviklet seg er det naturlig å dele de opp i 3 perioder: 1 innkjøringsperiode og 2 forsøksperioder. Tabell 1 gir en oversikt over varighet og driftsbetingelser for de ulike perioder.

Tabell 1. Forsøksperioder

Periode	Varighet	Driftsbetingelser
Innkjørings- periode	24.4.- 13.5.1984	Uttak av slam fra reaktoren <u>hver</u> morgen. Deretter innpumping av nytt slam i variable mengder (0,4-2 m ³) over en periode på 1-4 timer
Forsøks- periode 1	14.5.- 29.5.1984	Uttak av slam fra reaktoren <u>hver</u> morgen. Deretter innpumping av ca. 2 m ³ nytt slam over en periode på 1-3,5 timer
Forsøks- periode 2	1.6.- 19.6.1984	Uttak av slam fra reaktoren <u>annenhver</u> morgen. Deretter innpumping av ca. 2 m ³ nytt slam over en periode på 2-3 timer

3.2 Målinger og registreringer

På grunn av de relativt korte forsøksperiodene ble det stort sett benyttet manuelle målinger og registreringer. Mengde råslam

til foravvanningsenheten skulle egentlig bestemmes ut fra kapasitet og gangtid til slampumpa, men store variasjoner i pumpekapasiteten pga. lang sugeledning, førte til at råslammengdene måtte beregnes ut fra volumstrømmene inn og ut av vibrasjonssikten.

Polymerforbruket ble målt ved å lese av nivået i polymertanken før og etter hver innpumping av råslam. Det ble hele tiden dosert 0,1% polymerløsning.

Mengde rejektivann ble målt ved hjelp av vippekar med telleverk. Dette arrangementet ble først operativt i 1. forsøksperiode.

Volumet av det foravvannete slammet ble bestemt ved nivåmåling i hygieniseringstanken før og etter slaminnpumping. Denne metoden ble også brukt for å fastlegge mengden av behandlet slam som ble pumpet ut av tanken igjen. For å kompensere for nivåendringer i tanken pga. utvidelse av slammet ved temperaturøkning, fordampning av vann osv. ble det gjort nivåmålinger rett etter innpumping av foravvannet slam og umiddelbart før uttak av behandlet slam.

Hygieniseringsreaktoren var utstyrt for kontinuerlig temperaturmåling i slammet, og måleren var tilkopleet både viserinstrument og skriver. Skriveren registrerte imidlertid bare temperaturer over 50 °C, og laveste temperatur etter slaminnpumping ble derfor lest av og notert separat.

Strømforbruket til lufteenhet, vibrasjonssikt og pumper ble registrert på en egen måler (pumpe for hygienisert slam ikke inkludert).

3.3 Prøvetaking og analyser

Tabell 2 gir en sammenstilling av de prøver som ble tatt for fysisk-kjemiske analyser. Med unntak av prøvene fra avvanningsforsøkene med det hygieniserte slammet, er det tatt manuelle blandprøver for de perioder som inn- og utpumping av slam har pågått. Prøvene fra slamavvanningen er tatt som stikkprøver. Alle fysisk-kjemiske analyser er utført ved Vannlaboratoriet for Hedmark.

Tabell 2. Fysisk-kjemiske analyser

Prøvested	Totalt tørr-stoff	Flyktig tørr-stoff	Suspendert stoff	Biokjemisk oksygen-forbruk (BOF ₇)	Kjemisk oksygen-forbruk (KOF)	pH
Råslam fra fortykker	x					
Rejektvann fra foravvanning			x	x		
Foravvannet slam til reaktor ¹⁾	x	x		x	x	x
Slam ut av reaktor ¹⁾	x	x		x	x	x
Slamavvanning:						
- slam inn	x					
- slamkake	x					
- rejevtvann			x			

1) Analysene av BOF₇ og KOF er gjort på ukeblandprøver.

Alle prøver for mikrobiologiske undersøkelser er tatt som stikkprøver én gang pr. uke. Det er tatt prøver av det avvannede slammet fra vibrasjonssikten før innpumping til reaktoren og av det behandlede slammet ved utpumping fra reaktoren. Ved prøveuttak er temperaturen i reaktoren notert. Prøvene er analysert for innhold av:

- Termostabile koliforme bakterier
- Fekale streptokokker
- Sporer av *Clostridium perfringens*
- *Salmonella*-bakterier
- Bakteriofager (colifag MS 2)

Analysene er utført ved Institutt for næringsmiddelhygiene, Norges veterinærhøgskole av ingeniør Marte Solsrud. Serotyping av *Salmonella*-bakterier er foretatt ved Statens institutt for folkehelse.

De fire bakteriegruppene er alle tarmbakterier. *Salmonella*-bakterier er sykdomsfremkallende. De øvrige er normalt ikke sykdomsfremkallende og finnes i avføring fra friske dyr og mennesker. Forekomst av *Salmonella*-bakterier og andre sykdomsfremkallende bakterier og egg av innvollsparasitter forekommer når smittede mennesker er tilknyttet kloakknett.

Det er disse fire bakteriegruppene Institutt for næringsmiddelhygiene vanligvis bruker ved forskning vedrørende hygienisering av kloakkslam. Komposteringens innvirkning på konsentrasjonene av de undersøkte bakterier og bakteriofager kan brukes som indikasjoner for Janca-prosessens hygieniseringseffekt mhp. sykdomsfremkallende organismer i kloakkslam.

Termostabile koliforme bakterier (*Escherichia coli* m. fl.) og *Salmonella*-bakterier uskadeliggjøres forholdsvis lett av varme. Fekale streptokokker (= enterokokker) (*Streptococcus fecalis* m. fl.) er noe mer motstandsdyktige. For inaktivering av sporer av *Clostridium perfringens* kreves vanligvis temperaturer på over 100 °C i en tid. Jo kortere tid sykdomsfremkallende bakterier og virus er utsatt for varme, jo høyere temperatur kreves for uskadeliggjørelse (hygienisering) – og vice versa.

Bakteriofager er virus som har bakterier som vertsorganismer. I forsøkene er bakteriofagen colifag MS 2 ATCC 15597-B benyttet. Bakteriofagene ble oppformert i buljong med *E. coli* ATCC 15597 som vertsorganismer. Deretter ble bakteriene drept med kloroform og bakteriofagene tilsatt inngående slam til hygieniseringsreaktoren. Konsentrasjonen av infektive ("fortsatt levende") bakteriofager ble bestemt ved agar-layer metoden med MacConcey Agar og *E. coli* ATCC 15597.

4. FORSØKSRESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Belastningsforhold

Belastningene på anlegg for aerob, termofil stabilisering av slam bør egentlig angis som mengde organisk stoff tilført pr. døgn pr. volumenet av prosesstanken. Under praktisk drift er dette en parameter som ikke kan holdes under kontroll, og derfor benyttes ofte hydraulisk oppholdstid som et mål for belastningen på prosessen. Hydraulisk oppholdstid (døgn) er da definert som mengde slam (m^3) i prosesstanken dividert på tilført mengde slam pr. tidsenhet (m^3/d).

Pga. problemene med driften av foravvanningsutstyret har det vært vanskelig å holde en noenlunde konstant hydraulisk belastning. I vedlegg 1 er det beregnet en teoretisk oppholdstid for hver slaminnpumping i løpet av undersøkelsen. De midlere hydrauliske oppholdstider for innkjøringsperioden og de to forsøksperiodene er angitt i tabell 3. Her er det også beregnet den midlere organiske belastningen på anlegget basert på analysene av flyktig tørrstoff (FTS) i slammet fra foravvanningen (se vedlegg 2).

Tabell 3. Belastningsdata (middelerverdier)

Periode	Hydraulisk oppholdstid (døgn)	Organisk belastning ($kg\ FTS/m^3 \times d$)
Innkjøring	2,8	16
Forsøk 1	1,9	27
Forsøk 2	3,1	11

4.2 Foravvanning

Alle resultatene fra vibrasjonssikten finnes i samletabellen i vedlegg 1.

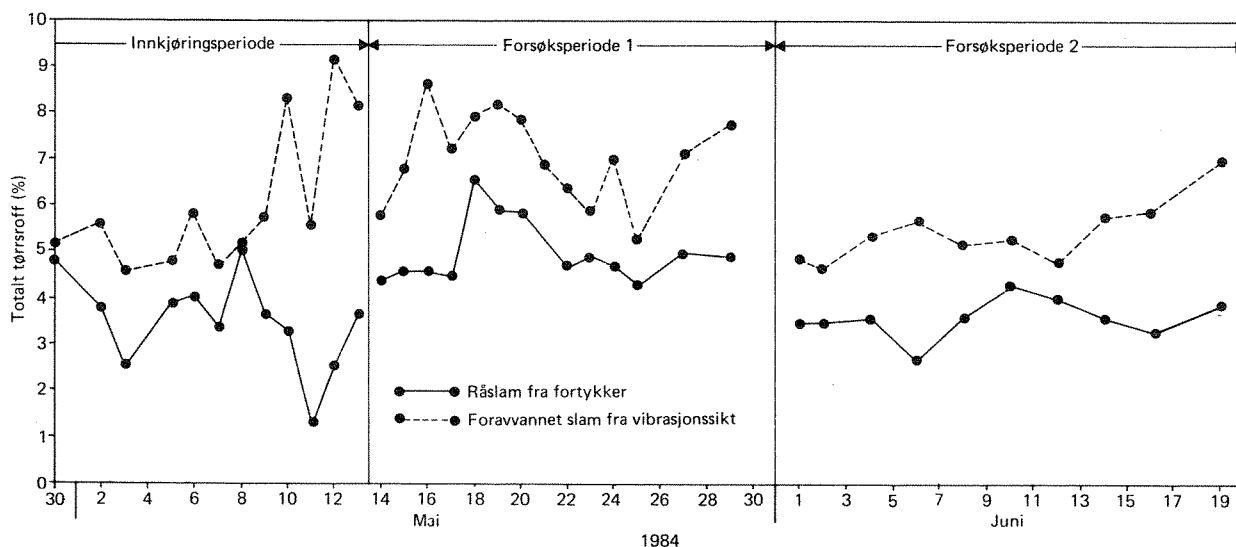
I tabell 4 er det angitt gjennomsnittlige konsentrasjoner og polymerforbruk for hver av periodene. Det beregnede TS-innholdet i foravvannet slam er basert på en massebalanse over vibrasjonssikten, og selv om også disse tallene er noe usikre pga. få analyser av suspendert stoff i rejektivannet, viser middelverdiene for målte og beregnede TS-innhold en bra overensstemmelse.

Figur 3 viser hvordan tørrstoffkonsentrasjonen i slammene inn og ut av foravvanningen (målte verdier) har variert over hele forsøket.

Tabell 4. Middelverdier for tørrstoffinnhold i slam før og etter foravvanning, polymerforbruk samt suspendert stoff og organisk stoff (BOF₇) i rejektivannet

Periode	TS-innhold i råslam fra fortykker (%)	TS-innhold i foravvannet slam (%)		Polymerforbruk (kg/tonn TS)	Suspendert stoff i rejektivann (mg/l)	BOF ₇ i rejektivann (mg/l)
		Målt	Beregnet			
Innkjøring	3,5	6,1	-	4,8	2000	2000
Forsøk 1	5,0	7,1	7,2	3,7	4000	1000
Forsøk 2	3,6	5,5	5,8	3,6	4500	2700

- 1) Disse verdiene er basert på bare noen få analyser, og er kun ment å gi en indikasjon på størrelsesorden. Den dårlige sammenhengen mellom suspendert stoff og organisk stoff (BOF₇) kan skyldes at rejektivannet stammer fra slam med ulik oppholdstid i anleggets fortykkere og derfor forskjellig innhold av løst organisk stoff.



Figur 3. Variasjoner i slammets tørrstoffinnhold før og etter vibrasjonssikten.

I innkjøringsperioden ble det prøvd en rekke polymertyper for om mulig å få et høyere tørrstoffinnhold i slammet fra vibrasjonssikten, da et TS-innhold på ca. 6% var vesentlig lavere enn det som leverandøren hadde erfaringer med fra Danmark (8-10% TS). Den polymer som brukes for slamavvanning ved HIAS (Hercofloc 815) viste seg å gi best resultater.

Videre ble silduken skiftet ut i slutten av innkjøringsperioden. Den nye duken hadde større åpninger og følgelig burde den gi en bedre drenering av det frie vannet mellom slamfnokkene. Resultatene fra forsøksperiode 1 viser da også et høyere TS-innhold i det foravvannete slammet (middel 7,1%), men dette kan like godt skyldes høyere TS-innhold i råslammet fra fortykkeren. De lavere TS-konsentrasjonene både inn og ut av foravvanningen i periode 2 tyder på at silduksbyttet ikke har hatt noen særlig innvirkning på utstyrets evne til å oppkonsentrere slammet.

Rejektvannets kvalitet ble imidlertid merkbart dårligere (innhold av suspendert stoff er fordoblet), og det er naturlig siden åpningene i silduken ble større. Et annet bidrag til høyt slaminnhold i rejeckt vannet var at noe slam falt direkte ned i rejeckt vannsopp-samlingen ved tilførsel og uttak av slam fra silduken.

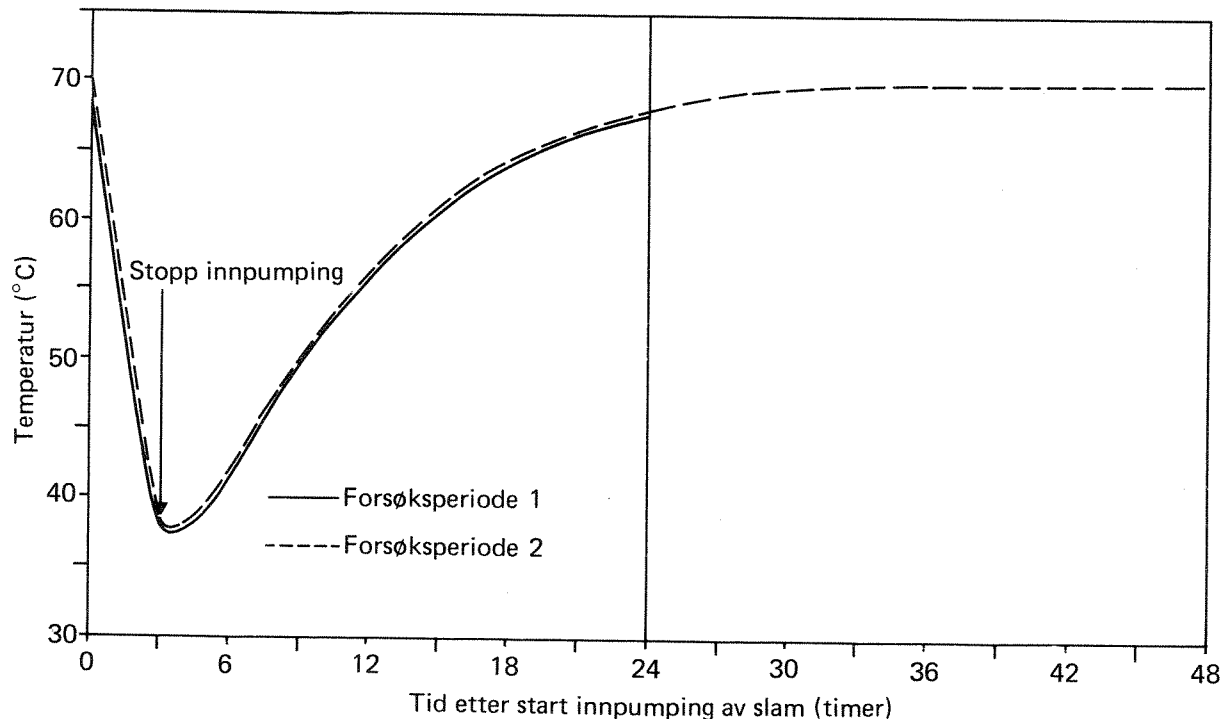
I tillegg til dårlig oppkonsentrering av slammet og høyt slaminnhold i rejeckt vannet, krevde foravvanningsutstyret også mye tilsyn og oppfølging for å fungere noenlunde fornuftig (se kap. 4.8).

På grunnlag av alle disse forhold må en derfor konkludere med at vibrasjonssikten ikke var egnet til foravvanning av det mekanisk-biologisk-kjemiske slammet ved HIAS.

4.3 Temperaturer

I innkjøringsperioden viste det seg å være vanskelig å oppnå temperaturer over 57-58 °C i hygieniseringsreaktoren, og man trodde dette skyldtes en kombinasjon av for kort oppholdstid (gjennomsnittlig 2,8 døgn) og for lavt tørrstoffinnhold i det foravvannete slammet. Mot slutten av perioden ble det imidlertid oppdaget at luftmengdene som ble trukket gjennom reaktoren, var altfor store, og dette ga for stor avkjøling av slammet. Ved å stoppe ventilasjonsviften og strupe på åpningen for luftinntaket i tanken, ble luftgjennomstrømmingen redusert fra ca. 100 m³/h til ca. 20 m³/h. Temperaturen i reaktoren økte med en gang etter dette, og det var siden ingen problemer med å oppnå temperaturer over 60 °C.

Figur 4. viser typiske temperaturforløp i forsøksperiode 1 og 2.



Figur 4. Typiske kurver for temperaturen i hygieniseringsreaktoren under forsøksperiode 1 og 2.

I forsøksperiode 1 var temperaturen over 60 °C i 8-12 timer før neste slaminnpumping senket reaktortemperaturen til 35-40 °C. Ved innpumping av slam annenhver dag (forsøksperiode 2) var temperaturen over 60 °C i reaktoren i 27-34 timer, og den lå rundt 70 °C i ca. 20 timer. Disse resultatene viser at det var mulig å få en rask temperaturøkning igjen i reaktoren etter innpumping av kaldt råslam, selv om slammet hadde et lavere TS-innhold enn forutsatt ved starten av forsøkene. Dersom foravvanningen hadde fungert tilfredsstillende og gitt et TS-innhold på 8-10% før hygienisering, er det sannsynlig at temperaturene ville ha kommet raskere opp igjen etter slaminnpumping og derved gitt lengre "oppholdstid" med temperaturer over 60 °C både i forsøksperiode 1 og 2.

I overgangen mellom forsøksperiodene hadde man flere tilfeller hvor lufteren slo ut på motorvernet og ikke kom igang igjen før driftspersonalet kom til stede (se kap. 4.8). Dette medførte lavere temperaturer enn normalt i reaktoren og har bl.a. påvirket den første prøven for bakteriologiske analyser i forsøksperiode 2 (prøvedag 4.6.1984).

4.4 Hygienisering

I alt er det foretatt 70 mikrobiologiske undersøkelser av 14 prøver av kloakkslam fra forsøksanlegget. Undersøkelsene har omfattet ulike bakterier og virus som er nærmere beskrevet i kapittel 3.3.

Resultatene av de mikrobiologiske undersøkelsene er vist i tabell 5.

I de enkelte prøver av inngående slam til reaktoren har det vært en meget stabil konsentrasjon av de undersøkte bakteriegrupper.

Under forutsetning av at resultatene er representative for prosessens innvirkning på testorganismenes overlevelsessevne, kan en slutte at forsøksperiode 1 med midlere hydraulisk oppholdstid på 1,9 døgn og eksponering for temperatur over 60 °C i 8-12 timer, bare ga en begrenset hygienisk kvalitetsforbedring av slammet. De regi-

strerte temperaturer er i og for seg høye nok til å gi en hygieniseringseffekt, men innvirkningstiden har trolig vært for kort. Det er verd å merke seg at det i prøve av kompostert slam tatt 21.5.1984, på tross av 67 °C i reaktoren ved prøvetakingen, ble påvist betydelige konsentrasjoner av alle testorganismer (herunder *Salmonella*-bakterier) i det komposterte slammet.

I forsøksperiode 2 med midlere oppholdstid på 3,1 døgn og 27-34 timer med over 60 °C i slammet ga prosessen en betydelig hygienisk kvalitetsforbedring. Ved de to siste prøveuttakene i forsøksperiode 2 ble det målt 70 °C i reaktoren. I disse prøvene kunne hverken termostabile koliforme bakterier eller *Salmonella*-bakterier påvises. I den siste prøven kunne heller ikke fekale streptokokker eller bakteriofager påvises. De to siste prøvene i forsøksperiode 2 hadde en bakteriologisk kvalitet som gjør at dette slammet klart kunne betegnes som "tilfredsstillende hygienisert".

Forklaringen på at så sterk hygienisk kvalitetsforbedring ikke var oppnådd i det komposterte slammet som ble tatt ut 4.6.1984, er at lufteren var delvis i ustand, noe som gjenspeiler seg også i at temperaturen var 10 °C lavere enn ved de to neste prøveuttak.

Alle *Salmonella*-bakterier som er artsdiagnostisert, tilhørte *Salmonella oranienburg*.

Sporer av *Clostridium perfringens* er normalt relativt motstandsdyktige overfor varme. Ved tidligere komposteringsforsøk er konsentrasjonene av disse bakteriesporene ikke blitt vesentlig redusert. Det er derfor overraskende at konsentrasjonen av disse sporene ved de to siste prøveuttakene var redusert med anslagsvis 2 logaritmeenheter (dvs. til 1/100-del av utgangsverdiene). En kan ikke derav med sikkerhet slutte at prosessen vil ha tilsvarende effekt for forekomst av sykdomsfremkallende bakteriesporer som sporer av stivkrampebakterien, *Clostridium tetani*.

Parasittologiske undersøkelser er ikke foretatt da det i litteraturen er vel dokumentert at alle protozoer og egg av innvollparasitter

uskadeliggjøres i løpet av kort tid ved temperaturer over ca. 60 °C. En kan derfor se bort fra forekomst av levende protozoer og parasittegg i det komposterte slammet. Det samme gjelder for forekomst av potetcystenematoden (potetål) *Globodera rostockiensis*.

Forutsatt at resultatene fra siste del av forsøksperiode 2 er representative for prosessens hygieniseringseffekt, vil slam som har vært kompostert på denne måten tilfredsstille de krav som Statens forurensningstilsyns "Retningslinjer for lagring og disponering av kloakkslam" (1) stiller til kloakkslam for bruk på alle typer arealer unntatt idrettsplasser o.l. intensivt benyttede grøntarealer. Dette naturligvis under forutsetning av at slammet ikke inneholder for høye konsentrasjoner av tungmetaller eller andre giftige stoffer.

En skal være klar over at slam som er fritt for *Salmonella*-bakterier og som har forholdsvis lave konsentrasjoner av termotabile koliforme bakterier, uten hygieniske betenkeligheter kan brukes til arealer for bl.a. produksjon av korn eller industripoteter. Statens forurensningstilsyns retningslinjer anbefaler at ubehandlet råslam ikke brukes direkte på noen typer arealer.

Tabell 5. Konsentrasjoner av normalt forekommende bakterier og tilsatte bakteriofager i foravvannet slam til reaktor og i kompostert slam fra reaktor. Konsentrasjonene er angitt i logaritmen til antall organismer pr. gram slamtørrestoff. (TKB: termotabile koliforme bakterier, FS: fekale streptokokker, SCP: sporer av *Clostridium perfringens*, SALM: *Salmonella*-bakterier, FAG: bakteriofager (colifag MS 2), TEMP: temperatur (°C) i reaktor ved prøveuttak, -: ikke påvist.)

Forsøksperiode	Prøveuttak	Slam til reaktor					Slam fra reaktor					
		TKB	FS	SCP	SALM	FAG	TEMP	TKB	FS	SCP	SALM	FAG
Innkjøring	7.5.84	5,4	5,9	5,4	2,7	4,2	57	3,9	4,9	6,4	-	4,3
1	14.5.84	6,0	7,1	6,4	3,3	4,5	69	3,5	4,4	5,5	-	2,7
	21.5.84	5,8	7,1	6,4	3,4	4,9	67	6,0	7,0	6,1	3,2	5,4
	28.5.84	6,3	7,1	6,5	3,9	4,8	69	2,6	4,4	6,2	-	3,1
2	4.6.84	6,7	6,8	6,3	3,6	4,8	60	2,7	3,9	4,0	-	2,7
	12.6.84	7,3	6,7	6,5	3,3	3,1	70	-	2,3	4,3	-	2,0
	18.6.84	5,8	6,8	6,5	3,6	3,9	70	-	-	4,0	-	-

4.5 Stabilisering

Hensikten med stabilisering er å redusere luktproblemene som ofte er forbundet med håndtering av råslam. For å bestemme effektiviteten av en stabiliseringsprosess burde man egentlig ha målt lukten fra slammet under standardiserte betingelser før og etter prosessen. Foreløpig finnes det imidlertid ingen slike prosedyrer som er praktisk brukbare, og en er derfor henvist til målemetoder som indirekte kan si noe om reduksjonen i luktulempene. En diskusjon av ulike metoder for måling av slamstabilitet er gjort av Eikum & Paulsrud (5) og av Bruce (6). For aerob, termofil stabilisering er det flere av de foreslåtte metodene som ikke kan brukes på grunn av den høye temperaturen i prosessen (bl.a. måling av oksygenopptakshastighet og nitratinnhold i slammet).

En av de enkleste metodene er å bestemme reduksjonen av organisk stoff gjennom prosessen. Dette har lenge vært den mest benyttede metode for råtnetanker og komposteringsanlegg, og den kan gi brukbare resultater dersom man har relativt hyppige målinger (helst daglige) over lengre perioder. Det er tidligere (4), (7), (8) benyttet både flyktig tørrstoff (FTS), kjemisk oksygenforbruk (KOF) og biokjemisk oksygenforbruk (BOF_7) for å vurdere reduksjonen av organisk stoff (slamstabiliteten) ved aerob, termofil stabilisering.

Selve beregningen av organisk stoff reduksjon kan gjøres på flere forskjellige måter, og Fischer (9) har nylig gjort en omfattende studie hvor han konkluderer med at en tilnærmet massebalansemetode gir bra resultater i forhold til arbeidsinnsatsen.

Reduksjonen av flyktig tørrstoff beregnes da som:

$$FTS_{red} = 100 (1 - FTS_{ut} / FTS_{inn}) (\%)$$

hvor FTS_{inn} = gjennomsnittlig innhold av flyktig tørrstoff i for-
avvannet slam i den aktuelle periode (mg/l)

FTS_{ut} = gjennomsnittlig innhold av flyktig tørrstoff i det
behandlete slammet for den aktuelle periode (mg/l)

Reduksjonen av totalt tørrstoff, KOF og BOF_7 kan bestemmes på samme måte.

Det er utført slike beregninger for hver av periodene og for alle fire parametre, men det er åpenbart at de enkelte perioder har vært for korte til å gi pålitelige data. Dette har bl.a. gitt seg uttrykk i at reduksjonen av totalt tørrstoff og flyktig tørrstoff (organisk stoff) er større i forsøksperiode 1 enn i forsøksperiode 2, til tross for at oppholdstiden er nesten dobbelt så lang i periode 2. I tillegg til de korte forsøksperiodene (ca. 14 dager) vil også de relativt store variasjonene i innpumpet slammengde og tilhørende TS-innhold (se vedlegg 1) bidra til de tvilsomme resultatene. En reduksjon i råslammets innhold av organisk stoff fra ca. 70% av TS-innholdet ved forsøkene begynnelsen til ca. 65% av TS ved avslutningen, skaper også problemer ved så korte forsøksperioder.

For å få et tilnærmet bilde av stabiliseringsgraden som ble oppnådd ved forsøkene, har en valgt å beregne en gjennomsnittlig reduksjon av organisk stoff for alle tre periodene (se tabell 6 som også omfatter verdiene for totalt tørrstoff). Samtlige analyser av flyktig tørrstoff og totalt tørrstoff er for øvrig samlet i vedlegg 2, mens dataene for KOF og BOF_7 er utelatt da de viste åpenbart gale verdier.

Tabell 6. Gjennomsnittsverdier for totalt tørrstoff og flyktig tørrstoff (organisk stoff) i slam inn og ut av reaktoren

	Inn (mg/l)	Ut (mg/l)	Reduksjon (%)
Totalt tørrstoff	63 000	53 000	16
Flyktig tørrstoff	43 000	33 000	23

Disse reduksjonene i totalt tørrstoff og flyktig tørrstoff stemmer godt overens med resultatene fra NORGAS-prosessen ved 3 døgns oppholdstid med varmeveksler (4).

Ved konvensjonell aerob stabilisering er det krav om at midlere slamoppholdstid skal være minimum 20 døgn for å oppnå tilfredsstillende stabilisering (10). Dette tilsvarer vanligvis en reduksjon i organisk stoff på ca. 35% ved normal driftstemperatur på 10-15 °C (11). Det vil være rimelig å benytte den samme reduksjonen i organisk stoff som et kriterium for tilfredsstillende stabilisering også ved den termofile proessen, hvilket betyr at JANCA-prosessen, slik den har vært drevet i disse forsøkene, ikke gir et stabilt sluttprodukt.

4.6 Avvanning

Resultatene fra enkle forsøk med avvanning av det hygieniserte slammet i en liten silbåndpresse er vist i tabell 7. Alle resultater er basert på stikkprøver.

Tabell 7. Avvanningsresultater for slam fra Janca-prosessen

Prøve- dato	Slam til avvanning (% TS)	Slamkake (% TS)	Rejektvann (% SS)
1984			
28.5.	6,1	21,6	0,40
1.6.	6,9	15,4	0,39
7.6.	2,5	17,6	0,27
8.6.	3,7	15,3	0,35

Dataene er stort sett som forventet og avviker ikke nevneverdig fra det som oppnås ved fullskala avvanning av råslam i sentrifugene ved anlegget. Innholdet av suspendert stoff i rejektivannet er imidlertid noe høyt, men dette kan skyldes at forsøkspressen var i en dårlig forfatning samt manglende optimalisering av polymerdoseringen. Polymerforbruket ble derfor heller ikke registrert.

4.7. Energiforbruk

Det samlede energiforbruket til overflateluft, vibrasjonssikt og slampumper ble lest av hver dag unntatt i forsøksperiode 2 (se vedlegg 1). I innkjøringsperioden varierte energiforbruket en del fra døgn til døgn, men i forsøksperiode 1 er verdiene nokså konstante og med et gjennomsnittlig forbruk bli på 78 kWh/d. Dette tilsvarer et spesifikt energiforbruk på ca. 30 kWh pr. m³ råslam fra fortykker. Dersom vi forutsetter at midlere energiforbruk var det samme i forsøksperiode 2 (78 kWh/d), vil det spesifikke energiforbruk ble ca. 42 kWh pr. m³ fortykket råslam ved slamtilførsel annenhver dag.

Energiforbruket vil sannsynligvis kunne senkes noe i et fullskala anlegg hvor størrelsen på overflatelufteren (som står for hoveddelen av strømforbruket) bedre kan tilpasses reaktordvolumet enn det som var tilfelle ved forsøkanlegget. I tillegg vil det være aktuelt å benytte temperaturstyring av lufteren i større grad enn ved disse forsøkene slik at lufterens gangtid pr. døgn kan reduseres.

4.8 Praktiske erfaringer/driftsproblemer

Foravvanningsenhet (vibrasjonssikt)

Erfaringene med dette utstyret var dårlige både når det gjaldt avvanningsevne og kvalitet på rejektivann (se kap. 4.2). I tillegg krevde utstyret nøye oppfølging med hyppig justering av siktens slaglengde, slamtilførsel og polymerdosering. Dette medførte et helt uakseptabelt arbeidstidsforbruk for driften av foravvanningen, samt et dårlig arbeidsmiljø for personalet (lukt).

Det ble ikke prøvd ut annet foravvanningsutstyr i løpet av forsøksperiodene, men senere er det gjort enkle forsøk ved HIAS med en type avvanningscontainer som det finnes gode erfaringer med for septikslam (12). Dette utstyret kunne da levere et slam med TS-innhold på ca. 10% og med et polymerforbruk på ca. 3 kg/tonn TS.

Overflateluft

På slutten av forsøksperiode 1 skjedde det stadig oftere at lufteren stoppet fordi motorvernet hadde slått ut. Det viste seg da at lufteren var iferd med å tippe over fordi den ene av flytepontongene hadde forskjøvet seg. Dette skyldtes bl.a. at hele lufteren pga. transporttekniske forhold hadde fått en litt uheldig utforming, og at festemekanismen for pontongene var for dårlig.

Lukt

Det ble ikke registrert spesielle luktulemper i forbindelse med selve hygieniseringsprosessen, men dette skyldtes at reaktoren var lukket og med avlufting til anleggets ventilasjonsopplegg. I tillegg ble det hygieniserte slammet blandet sammen med råslam før avvanning, slik at det var vanskelig å skille luktkildene. I perioden med separate avvanningsforsøk for det hygieniserte slammet, ble slammet lagret i en container utendørs før avvanning, og en kunne da merke en økende luktbelastning fra containeren. Siden det behandlede slammet ikke er stabilt etter en midlere oppholdstid på ca. 3 døgn i reaktoren (se kap. 4.5), må en regne med at slammet kan skape luktulemper ved videre behandling og disponering dersom det ikke tas spesielle forholdsregler for å unngå dette.

5. REFERANSER

1. Statens forurensningstilsyn, Retningslinjer for lagring og disponering av kloakkslam, Oslo 1982.
2. Paulsrud, B. and Eikum, A. S., "Experiences with lime stabilization and composting of sewage sludge". Paper presented at the WRC-Conference on Stabilization and Disinfection of Sewage Sludge. Manchester, April 1983.
3. Haugan, B. E., Slamstabilisering under høy temperatur ved bruk av rent oksygen, Delrapport 1, VA-rapport 9/82, F-81430, Norsk institutt for vannforskning, Oslo, september 1982.
4. Paulsrud, B.; Haugan, B. E. og Langeland, G., Hygienisering av slam ved bruk av rent oksygen, VA-rapport 9/84, F-81430, Norsk institutt for vannforskning, Oslo, juli 1984.
5. Eikum, A. S. and Paulsrud, B., "Methods for Measuring the Degree of Stability of Aerobic Stabilized Sludges", Water Research, Vol. 11, No. 9, 1977, pp 763-770.
6. Bruce, A. M. and Fischer, W. J., "Sludge Stabilization - Methods and Measurements". Paper presented at the WRC-Conference on Stabilization and Disinfection of Sewage Sludge, Manchester, April 1983.
7. Booth, M. G. and Tramontini, E., "Thermophilic sludge digestion using oxygen and air". Paper presented at the WRC-Conference on Stabilization and Disinfection of Sewage Sludge, Manchester, April 1983.
8. Morgan, S. F. and Gunson, H. G., "Aerobic thermophilic digestion of sludge using air". Paper presented at the WRC-Conference on Stabilization and Disinfection of Sewage Sludge. Manchester, April 1983.

9. Fischer, W. J., "Calculation of volatile solids destruction during sludge digestion". Paper presented of the WRC-Conference on Stabilization and Disinfection of Sewage Sludge. Manchester, April 1983.
10. Statens forurensningstilsyn, Retningslinjer for dimensjonering av avløpsrensaneanlegg. Revidert utgave, TA-525, Oslo 1983.
11. Eikum, A. S., Aerobic stabilization of primary and mixed primary/chemical (alum) sludge. Rapport O-40/71-N, PRA 2.2. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.
12. Paulsrud, B., Avvanning av septikslam i container, VA-rapport 4/82, F-81104, Norsk institutt for vannforskning, juli 1982.

VEDLEGG 1

Sammenstilling av driftsdata fra
forsøkene med Janca-prosessen

PERIODE	DATO 1984	RÅSLAM FRA FORTYKKER		REJEKTVANN FRA FORAVVANNING			FORAVVANNET SLAM TIL REAKTOR			SLAMMENGDE I REAKTOR ETTER PÅFYLLING (liter)	MIDLERE HYDRAULISK OPPHOLDSTID (døgn)	BEHANDLET SLAM FRA REAKTOR		POLYMERFORBRUK		STRØMFORBRUK	
		Volum (liter)	TS (%)	Volum (liter)	TS (%)	BOF ₇ (mg/l)	Volum (liter)	Målt TS (%)	Bereg- net TS (%)			Volum (liter)	TS (%)	0,1 % løsning (liter)	kg/ tonn TS	kWh/d	kWh/m ³ råslam
Innkjør- ings- periode	30.4.	-	4,8	-	-		1274	5,2	-	3420	2,7	1238	6,7	260	3,9	85	-
	1.5.	-	-	820	-		1318	-	-	3390	2,6	1264	-	293	-	56	-
	2.5.	-	3,8	-	0,22	3000	917	5,6	-	3310	3,6	931	5,2	231	4,5	94	-
	3.5.	-	2,5	-	-		1711	4,6	-	3560	2,1	1375	4,7	423	5,4	110	-
	5.5.	-	3,9	-	-		1000	4,8	-	3455	3,5	1036	4,5	175	3,7	95	-
	6.5.	-	4,0	-	-		1303	5,8	-	3600	2,8	1069	4,6	318	4,2	88	-
	7.5.	-	3,4	-	-		990	4,7	-	3480	3,5	1029	4,4	-	-	95	-
	8.5.	-	5,0	-	-		2190	5,2	-	3490	1,6	2069	4,3	353	3,1	82	-
	9.5.	-	3,7	-	-		1014	5,7	-	3380	3,3	1018	4,6	264	4,6	78	-
	10.5.	-	3,3	-	0,17	1000	1004	8,4	-	3065	3,1	1217	4,9	485	5,8	67	-
	11.5.	-	1,3	-	-		-	5,6	-	2730	-	?	5,4	693	-	63	-
	12.5.	2184	2,6	1376	-		1238	9,2	4,6	3635	2,9	379	5,7	430	7,6	83	38
	13.5.	2582	3,7	1672	-		1375	8,2	7,0	3630	2,6	1383	5,6	465	4,9	79	31
Forsøks- periode 1	14.5.	2700	4,4	1554	-		1596	5,8	7,4	3240	2,0	1930	6,0	450	3,8	79	29
	15.5.	3485	4,6	1869	-		2046	6,8	7,8	3310	1,6	1950	6,0	430	2,7	76	22
	16.5.	3383	4,6	1908	0,4	900	2065	8,7	7,5	3290	1,6	2100	5,8	590	3,8	79	23
	17.5.	1620	4,5	880	-		1050	7,2	6,9	3285	3,1	1047	5,7	310	4,3	75	46
	18.5.	3037	6,6	1589	-		2028	7,9	9,9	3220	1,6	2072	5,8	580	2,9	76	25
	19.5.	2977	5,9	1634	-		2033	8,2	8,4	3400	1,6	1884	6,1	740	4,2	81	27
	20.5.	2540	5,9	1090	-		2170	7,9	6,9	3580	1,7	2003	6,1	720	4,8	78	31
	21.5.	2151	5,3	831	-		1855	6,9	6,2	3520	1,9	1920	6,0	535	4,7	76	35
	22.5.	2477	4,7	1130	-		1837	6,4	6,3	3400	1,9	1935	5,6	490	4,2	83	33
	23.5.	2352	4,9	918	-		1859	5,9	6,2	3590	1,9	1667	5,4	425	3,7	77	33
	24.5.	2200	4,7	918	-		1686	7,0	6,1	3730	2,2	1440	5,0	405	3,9	84	38
	25.5.	3213	4,3	1458	-		2195	5,3	6,3	3650	1,7	2191	4,9	440	3,2	77	24
	26.5.	2862		1296	-		2046			3580	1,8	2082		480	3,4	75	26
27.5.	2531	5,0	1053	-		1895	7,2	6,9	3440	1,8	1993	5,2	417	3,3	75	30	
28.5.	2837		1377	-	1100	2010			3380	1,7	2040		550	3,9	75	26	
29.5.	3878	4,9	1890	-		2433	7,8	7,8	3660	1,5	2083	5,1	445	2,3	-	-	
Forsøks- periode 2	1.6.	2564	3,5	1377	-		1476	4,9	5,7	3787	2,6	1108	5,0	289	3,2	-	-
	2.6.	3634	3,5	2106	-		2028	4,7	5,9	3628	3,4	2108	5,2	500	3,9	55	30
	4.6.	-	3,6	-	-		1909	5,4	-	3671	3,7	1899	5,3	465	-	87	-
	6.6.	3572	2,7	2457	0,42	1750	1621	5,7	5,3	3346	4,0	1776	4,9	506	5,3	-	-
	8.6.	3919	3,6	2106	-		2263	5,2	6,2	2852	2,4	2577	5,1	450	3,2	-	-
	10.6.	3527	4,3	1593	-		2440	5,3	6,0	3697	2,9	1451	4,8	506	3,3	-	-
	12.6.	3395	4,0	1620	-		2220	4,8	5,8	3476	3,0	2253	5,3	445	3,3	-	-
	14.6.	3716	3,6	1971	0,46	3300	2040	5,8	6,1	3296	3,1	2069	5,0	295	2,2	-	-
16.6.	3843	3,3	1890	-		2563	5,9	4,6	3682	2,8	2058	4,8	610	4,8	-	-	
19.6.	3866	3,9	2214	0,46	3100	2112	7,0	6,7	3845	3,5	1949	5,3	460	3,1	-	-	

VEDLEGG 2

Sammenstilling av analysedata (totalt tørrstoff, flyktig tørrstoff og pH)
fra forsøkene med Janca-prosessen

PERIODE	DATO	RÅSLAM FRA FORTYKKER		FORAVVANNET SLAM TIL REAKTOR		BEHANDLET SLAM FRA REAKTOR			pH i råslam	pH i beh. slam
		Totalt tørrstoff (TS) (mg/l)	Totalt tørrstoff (mg/l)	Flyktig tørrstoff		Totalt tørrstoff (mg/l)	Flyktig tørrstoff			
				(mg/l)	(% av TS)		(mg/l)	(% av TS)		
Innkjørings- periode	30.4.	48000	52000	37100	71,3	67000	40900	61,0	-	-
	2.5.	38000	56000	38800	69,3	52000	33100	63,6	-	-
	3.5.	25000	46000	32800	71,3	47000	29200	62,1	-	-
	5.5.	39000	48000	32800	68,4	45000	26200	58,1	-	-
	6.5.	40000	58000	40400	69,7	46000	26800	58,2	-	-
	7.5.	34000	47000	32400	69,0	44000	26500	60,3	6,2	8,5
	8.5.	50000	52000	37100	71,3	43000	26300	61,1	6,2	8,5
	9.5.	37000	57000	-	-	46000	28700	62,4	6,1	8,3
	10.5.	33000	84000	59800	71,2	49000	31100	63,5	6,3	8,5
	11.5.	13000	56000	39700	70,9	54000	32500	60,2	6,2	8,6
	12.5.	26000	92000	67600	73,5	57000	36000	63,1	-	-
	13.5.	37000	82000	59000	72,0	56000	36100	64,5	-	-
	Forsøks- periode 1	14.5.	44000	58000	41600	71,8	60000	39800	66,4	6,1
15.5.		46000	68000	49700	73,1	60000	39100	65,2	6,2	8,2
16.5.		46000	87000	59700	68,6	58000	39200	67,6	6,2	8,1
17.5.		45000	72000	51600	71,7	57000	37000	64,9	6,0	8,6
18.5.		66000	79000	52300	66,2	58000	37700	65,0	6,1	8,5
19.5.		59000	82000	54100	66,0	61000	38700	63,4	6,0	8,9
20.5.		59000	79000	52200	66,1	61000	36500	59,9	6,0	8,0
21.5.		53000	69000	47100	68,3	60000	35800	59,6	6,0	7,7
22.5.		47000	64000	45300	70,8	56000	34700	61,9	6,2	8,6
23.5.		49000	59000	40300	68,3	54000	33600	62,3	6,0	8,7
24.5.		47000	70000	48700	69,5	50000	31000	61,9	6,2	8,5
25.5.		43000	53000	37100	70,0	49000	30400	62,0	6,2	8,8
26.5.										
27.5.	50000	72000	50700	70,4	52000	33300	64,1	-	-	
28.5.										
29.5.	49000	78000	47300	60,7	51000	32900	64,6	-	-	
Forsøks- periode 2	1.6.	35000	50000	29500	58,9	49000	32900	67,1	-	-
	2.6.	35000	47000	30500	64,9	52000	31700	60,9	-	-
	4.6.	36000	54000	34000	62,9	53000	32000	60,4	6,3	8,4
	6.6.	27000	57000	36500	64,0	49000	28900	59,0	6,4	8,9
	8.6.	36000	52000	33100	63,6	51000	28700	56,2	7,0	9,5
	10.6.	43000	53000	35000	66,0	48000	27900	58,1	-	-
	12.6.	40000	48000	33200	69,2	53000	29800	56,3	6,2	9,0
	14.6.	36000	58000	39400	67,9	50000	30400	60,8	6,3	8,9
	16.6.	33000	59000	41400	70,2	48000	29300	61,0	-	-
19.6.	39000	70000	46600	66,5	53000	32300	61,0	6,3	8,3	

WA rapporter utgitt av NIVA

- 1/84 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**
O-82017 Torbjørn Damhaug, Januar 1984
- 2/84 **Luftet lagene for rensing av sigevann**
Delrapport 1 : Driftserfaringer
O-83027 Ragnar Storhaug, Februar 1984
- 3/84 **Highway pollution in a Nordic Climate**
O-79024 Eivind Lygren, Mars 1984
- 4/84 **An evaluation of large-scale algal cultivation systems for fish feed production**
O-84002 Torbjørn Damhaug et al. Februar 1984 (Sperrt)
- 5/84 **Matematisk modell av avløpsrenseanlegg**
O-82124/F-83448 Oddvar Lindholm, Februar 1984
- 6/84 **Adsorption in Water Treatment**
Fluoride Removal
FP-83828 Eilen A. Vik, Februar 1984
- 7/84 **Analyse av vannføringsdata**
O-81113 Kim Wedum, Januar 1984
- 8/84 **Renseeffekt i Heistad renseanlegg med og uten tilkøpling av industrielt avløpsvann**
O-83093 Øivind Tryland, April 1984
- 9/84 **Hygienisering av slam ved bruk av rent oksygen**
F-81430 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan, Gunnar Langeland, Juli 1984
- 10/84 **Slamavvanning med filterpresser ved SRV**
Økonomisk sammenligning av Lasta membran-filterpresser og Rittershaus & Blecher kammerfilterpresser
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud, Mai 1984 (Sperrt)
- 11/84 **Separat behandling av slamvann fra avvanning av septikslam**
Biologisk rensing ved bruk av aktivslam
O-83021 Ragnar Storhaug, Juni 1984
- 12/84 **Industriutslipp til vassdrag**
Avveininger for å beskytte resipienten, eksempel fra en tekstilbedrift
OF-81618 Bjørn-Erik Haugan, Kim Wedum, April 1984 (Sperrt)
- 13/84 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**
Virkning av peroksyd og UV-bestråling på klororganisk materiale og farge i celluloseblekeriers avløpsvann
F-81434 Øivind Tryland, Mai 1984
- 14/84 **Driftsassistanse**
Vannrenseanlegg, ÅSV A/S Fundo Aluminium
O-83141 Eigil Iversen, Torbjørn Damhaug, Juni 1984
- 15/84 **Ammonium som forurensningsparameter**
O-83035 Kim Wedum, August 1984
- 15/84 **Ammonium som forurensningsparameter**
O-83035 Kim Wedum, August 1984
- 16/84 **Driftsoppfølging av Biovac renseanlegg for helårsbotig**
O-82101 Bjarne Paulsrud, September 1984
- 17/84 **Kalkfelling på små renseanlegg**
O-83067 Ragnar Storhaug, Oktober 1984