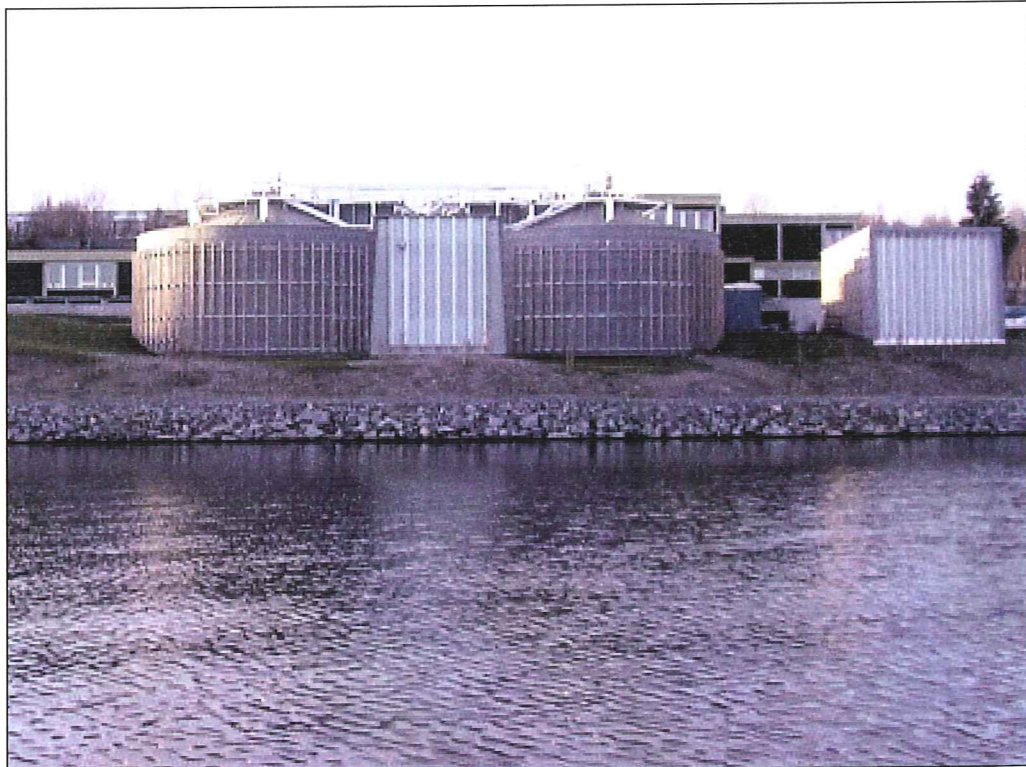


NIVA



RAPPORT LNR 4554-2002

Skummingsproblemer
i råtnetanker ved
Rambekk renseanlegg,
Gjøvik kommune



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Skummingsproblemer i råtnetanker ved Rambekk renseanlegg, Gjøvik kommune	Løpenr. (for bestilling) 4554-2002	Dato 18.07.2002
	Prosjektnr. Underrn. O-21231	Sider Pris 18
Forfatter(e) Henning Mohn og Christian Vogelsang	Fagområde Miljøteknikk	Distribusjon åpen
	Geografisk område Oppland fylke	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Gjøvik kommune, teknisk drift	Oppdragsreferanse Kjell Eng
---	--------------------------------

Sammendrag

Gjøvik kommune har skummingsproblemer i råtnetankene ved Rambekk RA. Problemet har vært særlig alvorlig sen-vinter og vår 2002. Skummingen i råtnetankene mener vi skyldes et kjemisk stoff i slammet, og primært ikke tilstedeværelsen av spesielle organismer. Problemene kan forsterkes av rask og kraftig oppvarming av slammet i en varmeveksler på anlegget. Høy fetttilførsel er en mulig hovedårsak til problemene. Selv om mye fett tilføres via Lillehammer-slammet (ca 250 kg/uke), er det sannsynligvis en stor uidentifisert fettkilde internt i Gjøvik kommune.

Det er flere slamtyper som har evne til å produsere mye skum, i særlig grad slam fra Skreia RA, Lena RA og Lillehammer RA. Skummet elimineres effektivt med ca 15 ppm Nalco skumdemper. Vi anbefaler en mer inngående kildekartlegging for fett. Videre bør man vurdere å montere en skumfelle på gassavdraget, og jobbe med tiltak for å øke spesifikk slamtilførsel. Varmeveksleren for slamoppvarming bør gjennomgås. Det er mulig et skum-radarsystem kan være nyttig for å få stabil drift, men dette eliminerer ikke årsaken til problemene. Øvrige årsaker til drifts-problemene kan være lav belastning på råtnetanker, høyt fettsyrenivå og høy alkalitet.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Slambehandling 2. Anaerobe råtnetanker 3. Driftsproblemer 4. Skumproblemer 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sludge treatment 2. Anaerobic digesters 3. Operational problems 4. Foaming problems
---	--


Henning Mohn
Prosjektleder


Henning Mohn
Forskningsleder


Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

**Skummingsproblemer i råtnetanker ved
Rambekk rensesanlegg, Gjøvik kommune**

Forord

Rambekk renseanlegg i Gjøvik kommune har en moderne slam-behandlingsprosess. Dette anlegget tar hånd om slam fra avløpsvann-behandlingsprosessen ved Rambekk, og fra tilgrensende kommuner.

I løpet av sen-vinter og vår 2002, og delvis også i 2001, har de anaerobe råtnetankene vært utsatt for skumming. I disse periodene har skum fra slammet tidvis tatt veien ut gjennom gassutløpssystemet og inn i gassgeneratorne, med medførende prosesstans.

NIVA har gjennom dette prosjektet vært engasjert i kartleggingen av årsaken til problemene, og for å foreslå tiltak for å bedre situasjonen.

Vi vil takke for godt samarbeid med Knut E. Broen ved Rambekk RA og øvrige driftsoperatører i og utenfor Gjøvik kommune som har hjulpet oss. Videre går enn spesiell takk til Kjell Eng og Marit Skjel i teknisk etat i Gjøvik kommune.

Oslo, 18.07.2002

Henning Mohn

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Konklusjoner	6
3. Utførte tester for å karakterisere situasjonen	7
3.1 Mikrobiell analyse av skummet	7
3.2 Skumtester	7
3.3 Analyse for nonioniske detergenter	8
3.4 Skumdempingstest på skumdemper fra Nalco	8
3.5 Biogassinaktiveringstest med skumdemper fra Nalco	8
3.6 Proteinanalyser	9
3.7 Fettanalyser	9
3.8 Mikrobiologisk karakterisering av slam fra Skreia RA	9
4. Systematisk gjennomgang av driftsdata	10
4.1 Variasjonsmønster og systemrespons	10
4.2 Biogassproduksjon og VS-tilførsel	10
4.3 Tilførsel og samlet andel av Lillehammerslam i råtnetanker	11
4.4 Temperatur	12
5. Massebalanse for fett	13
5.1 Innledning	13
5.2 Massebalanse	13
5.3 Konklusjoner basert på massebalansen	13
6. Mulige årsaker til skumproblemene	14
6.1 Mulige eksterne årsaker	14
6.1.1 Lav spesifikk slamtilførsel	14
6.1.2 Høyt fettinnhold inngangsslam	14
6.1.3 Høyt proteininnhold inngangsslam	14
6.2 Mulige interne årsaker	15
6.2.1 Lav spesifikk belastning	15
6.2.2 Varmeoverføring i varmeveksler	15
6.2.3 Høyt fettsyrenivå (VFA)	15
6.2.4 Høy alkalitet	15
7. Anbefalinger og mulige tiltak	16
7.1 Oppfølgende fettundersøkelse og krav til påslipp	16
7.2 Montere skumfelle/"fuselkopp"	16
7.3 Øke spesifikk slamtilførsel	16
7.4 Skumdempningsmiddel	16
7.5 Vanntilsats	16
7.6 Varmeveksler	17
7.7 Tilførselsmønster	17
7.8 Skumradar	17
7.9 Parallell eller seriell drift	17
8. Utvalgt litteratur	18

Sammendrag

Gjøvik kommune har problemer med sine to råtnetanker for slam ved Rambekk RA. Problemet kjennetegnes ved at det tidvis dannes så mye skum i tankene at dette dras inn i biogass-anlegget og stopper dette. Problemet har vært særlig framtrødende sen-vinter og vår 2002. Ved prosjektstart ble det antatt at årsaken til problemene er knyttet til de mikrobielle forholdene i slamtankene, først og fremst ubalanse mellom de ulike delprosessene i den anaerobe næringskjeden.

NIVA har vært engasjert for å undersøke årsakene til disse problemene, og for å komme med forslag til avvergende tiltak. Arbeidet baserer seg på gjennomgang av driftsdata fra 2001-2002, grove mikrobiologiske og kjemiske karakteriseringer, og karakterisering av de ulike slamtypene som mottas ved anlegget.

Skummingen i råtnetankene mener vi at må skyldes noe kjemisk i slammet, og ikke primært tilstedeværelsen av noen spesielle organismer. Problemene kan forsterkes av rask og kraftig oppvarming av slammet i en varmeveksler på anlegget. Vi konkluderer med at det er høy fetttilførsel som er hovedårsaken til problemene. Selv om mye fett tilføres via Lillehammer-slammet (ca 250 kg/uke), er det sannsynligvis en større fettkilde internt i Gjøvik kommune. Vi fant lite nonioniske detergenter og proteiner i slamtypene.

Det er flere slamtyper som har evne til å produsere mye skum, i særlig grad slam fra Skreia RA, Lena RA og Lillehammer RA. Skummet elimineres effektivt med ca 15 ppm Nalco skumdemper.

Som en konsekvens av vårt arbeide anbefaler vi en mer inngående kildekartlegging for fett, sammen med kontroll av fettkonsentrasjonen inn til råtnetankene. Videre bør men vurdere å montere en skumfelle på gassavdraget, og jobbe med tiltak for å øke spesifikk slamtilførsel. Skumdemper bør brukes inntil videre. Varmeveksleren for slamoppvarming bør gjennomgås.

Det er mulig at et skum-radarsystem kan være nyttig for å få stabil drift med redusert vanntilsats, men dette eliminerer ikke årsaken til problemene. Øvrige årsaker til driftsproblemene kan være lav belastning på råtnetanker pga. lav spesifikk slamtilførsel, høyt fettsyrenivå og høy alkalitet.

1. Innledning

Rambekk RA på Gjøvik har i den senere tid slitt med skummingsproblemer i sine anaerobe råtnetanker for slamstabilisering. Denne skummingen blir tidvis så omfattende at gassgeneratorer stopper og store deler av gassanlegget må rengjøres. Det er stor bekymring på anlegget for denne situasjonen.

NIVA har i løpet av perioden 15.04.02 – 28.06.02 utført biologisk karakterisering og kjemiske analyser på skum og ulike slamtyper ved for dette anlegget. I tillegg har vi gjennomgått driftsdata og driftsrutiner fra de 3 første månedene i 2001 og 2002. Resultater fra arbeidet framstilles i det følgende.

2. Konklusjoner

Skummingen i råtnetankene mener vi må være forårsaket av en kjemisk komponent i slammet. Årsaken til dette er den kraftige og raske responsen i anlegget mhp skumming, og et tilnærmet fravær av trådformige bakterier som ellers er en vanlig årsak til skumming i anaerobe prosesser. Problemene kan forsterkes av rask og kraftig oppvarming av slammet i en varmeveksler på anlegget.

Både detergenter, fett og proteiner er typiske skumdannere i slam. Våre analyser for nonioniske detergenter og protein indikerer at disse stoffene ikke er årsaken til skummingen. Det tilføres derimot mye fett til slamanlegget, men mengde fett tilført pr uke varierer betydelig fra slamtype til slamtype. Mens slam fra Lillehammer bidrar med mye fett (ca 250 kg/uke), ser f.eks. Skreia-slammet ut til å gi ubetydelige bidrag. Analyser av avløpsvann fra meieriet på Tretten kan ikke forklare de høye fett-konsentrasjonene i Lillehammer-slammet.

Det er imidlertid uidentifiserte kilder til fetttilførsel. Det virker som om det kan være en vesentlig fettkilde innen Gjøvik kommune som gir et stort fettbidrag via fettfanget i vannrensprosessen ved Rambekk (anslagsvis 500-1000 kg/uke). Denne kilden kan være f.eks. lokal potetindustri eller kjøpesentre etc. Dette bør undersøkes nærmere, bla ved regelmessige analyser av fett i internslammet.

Våre undersøkelser viste at slam fra både Skreia RA, Lena RA og Lillehammer RA har en betydelig evne til å skumme. Internt produsert slam fra Rambekk skummet derimot ikke, og det overrasket oss noe. Skumdemperen fra Nalco har god effekt på skummet, og tilsats av 10-15 ml skumdemper pr m³ slam virker passende. Skumdemperen hemmer ikke biogassproduksjonen, men dens effekt kan ha noe begrenset virkningstid da den tilsynelatende brytes ned biologisk i råtnetankene. Vi har ikke studert langtidseffekter på råtneprosessen ved bruk av skumdemper.

En evt nyordning der Rambekk mottar fett fra fettfanget på Lillehammer RA vil øke tilførselen av fett med over 6 tonn pr uke, dette vil vi derfor fraråde under de gjeldende forhold.

Øvrige årsaker til driftsproblemene kan være: Lav belastning på råtnetanker pga. lav spesifikk slamtilførsel, høyt fettsyrenivå og høy alkalitet.

Vi har følgende anbefalinger til oppfølging: En mer inngående kildekartlegging for fett, sammen med kontroll av fettkonsentrasjonen inn til råtnetankene bør utføres. Videre bør man vurdere å montere en skumfelle på gassavdraget, og jobbe med tiltak for å øke spesifikk slamtilførsel. Skumdemper bør brukes inntil videre. Varmeveksleren for slamoppvarming bør gjennomgås. Det er også mulig at et skum-radarsystem kan være nyttig, men det eliminerer ikke årsaken til problemene. Endring i driftsregime fra parallell drift til seriell drift av de to råtnetankene kan også vurderes.

3. Utførte tester for å karakterisere situasjonen

3.1 Mikrobiell analyse av skummet

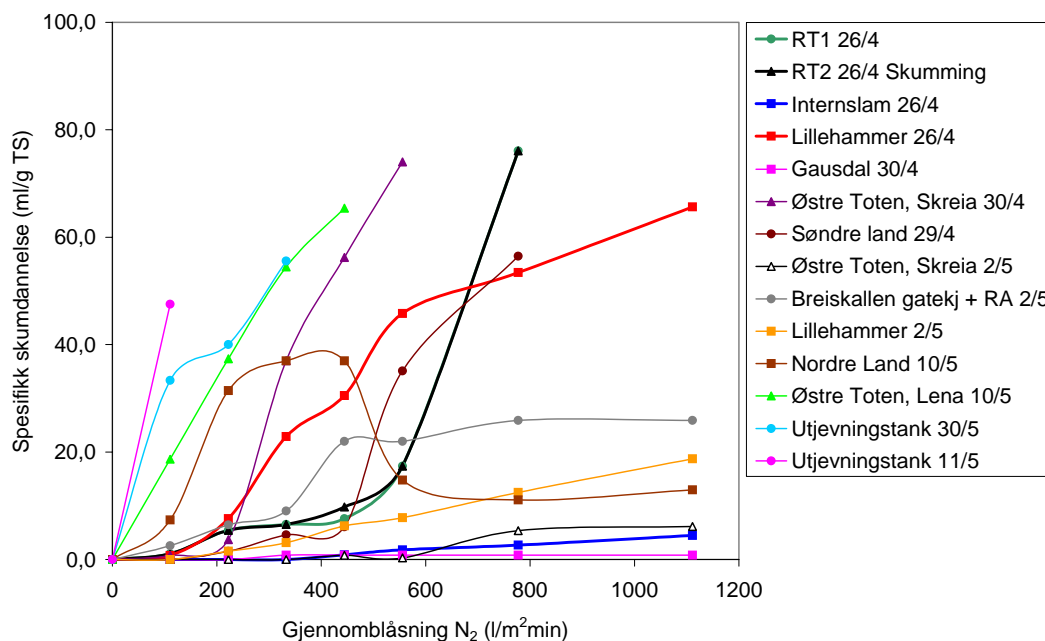
Skum tatt fra anlegget under en skummingsepisode 22.04.02 ble mikroskopert. Bakteriefloren virket normal og uten vesentlige mengder filamentære bakterier. Disse (typisk *Methanotrix*, *Beggiotoa*, *Thiotrix*, Actinomyceter og *Nocardia*) kan skape problemer fordi de kan "fange opp" mye gass når de er mange nok, noe som gjerne resulterer i et relativt stabilt skum. De trives under anaerobe forhold og samtidig tilstedeværelse av reduserte svovelforbindelser.

Skummet var meget mørkt og luktet sterkt av "merkaptaner" (inneholder minst én HS-gruppe). Skummet var også relativt fiberrikt.

Konklusjon fra delundersøkelsen: Mikroskoperingen viser at skummet har ikke-mikrobiell karakter.

3.2 Skumtester

Det er blitt kjørt en rekke skumtester på slam fra de to råtnetankene og fra utjevningstanken, samt på internslam og de aller fleste typene eksterslam. De fleste eksterslamtypene (Lillehammer, Østre Toten (Skreia RA og Lena RA), Nordre og Søndre Land og delvis Vestre Toten (Breiskallen)) viste tydelig tendens til skumming, og de skummet tildels mer enn slam tatt fra råtnetankene etter en skummingsepisode.



Figur 1. Skumtest. Slammet ble fortynnet til 0.9-1.6% TS med destillert vann. Forsøkene ble gjort i 1-L målesylindere med kontinuerlig og trinnvis økt N₂-gjennomblåsning. Skumdannelsen ble målt som maksimalvolumet av skumskiktet per gram tørrstoff slam i vannet. Figuren viser at slam fra utjevningstanken, Østre Toten og Lillehammer kan danne mye skum. Det var noe uklart hvilke slamtyper som var blandet i blandtanken, men både slam fra Østre Toten og Lillehammer skal ha inngått her.

Slam tatt fra utjevningstanken skummet imidlertid vesentlig mer enn alle andre slamtyper (se figur 1). Dette skummet var i tillegg langt mer stabilt enn skummet som ble dannet fra de andre slamtypene. Dette gjaldt både helt ferskt slam og slam som hadde stått lagret i 12 dager før testing for skumegenskaper. Internslammet skummet ikke noe.

Noen tester viste også at et tynt slam (4,6% TS) hadde et vesentlig større potensiale til å danne skum enn et tykkere slam (7 % TS). Dette er et paradoks, i.o.m. vann tilsettes råtnetankene for å slå ned skummet.

Konklusjon fra delundersøkelsen: Undersøkelsene viser at slam fra både Skreia RA, Lena RA og Lillehammer RA har en betydelig evne til å skumme. Internt produsert skum fra Rambekk skummet derimot ikke.

3.3 Analyse for nonioniske detergenter

Det ble kjørt en analyse på nonioniske detergenter i slam fra Skreia RA 30.04.02 og 02.05.02, samt fra Lillehammer 02.05.02. De nonioniske detergentene blir brukt i mange vaskeprosesser, og er bl.a. meget gode skumdannere. De analoge kationiske og anioniske detergentene er vanskeligere å kvantifisere i slam, og er derfor ikke blitt analysert for. Kationiske detergenter er forøvrig i liten bruk. I slam som skummet bra i skumtest ble det funnet 130 mg detergenter pr kg TS (ca 0.003% i væskefasen), mens det i slam med minimal skumming ble funnet 57 mg detergenter pr kg TS (0.0013% i væskefasen). Forskjellen mellom disse verdiene er ubetydelig, og dessuten er konsentrasjonene vesentlig lavere enn hva som normalt må til for å gi skumming (0,5%).

Konklusjon fra delundersøkelsen: Til tross for noe spinkelt vurderingsgrunnlag, viser disse analysene at det er lite sannsynlig at skummingen skyldes nonioniske detergenter.

3.4 Skumdempingstest på skumdemper fra Nalco

Det har blitt kjørt en skumdempingstest på en skumdemper (fra Nalco) tilsendt oss fra Rambekk. På det sterkt ekspanderende skummet ved gjennombobling av slam (fortynnet til 4.2% TS) fra utjevningstanken (fra 11.05.02), var det tilstrekkelig å tilsette 15 ml skumdemper pr m³ slam ved relativt svak gjennombobling. Når boblingen ble økt, som dermed ga økt innblanding av skumdemper i slammet, måtte tilsatsen økes utover 30 ml skumdemper pr m³ slam. For slam fra råtnetankene ga 15 ml skumdemper pr m³ slam mer enn god nok effekt. Dette ble senere verifisert på skum fra ferskt slam tatt fra utjevningstanken 30.05.02.

Konklusjon fra delundersøkelsen: Skumdemperen fra Nalco har god effekt på skummet som dannes. Tilsats av 10-15 ml skumdemper pr m³ slam vil være en fornuftig startkonsentrasjon.

3.5 Biogassinaktiveringstest med skumdemper fra Nalco

På den samme skumdemperen fra Nalco ble det kjørt en inaktiveringstest på slam fra råtnetank 2 (uttatt 23.05.02) for å se om skumdemperen ville ha noen hemmende effekt på biogassproduksjonen. Det ble kjørt en fortyningsserie (0 – 10 – 100 – 1000 – 10.000 mg skumdemper pr m³ slam) der gassutviklingen ble fulgt. Det ble ikke funnet noen signifikant negativ effekt av skumdemperen. Tvert i mot viste den seg å gi et betydelig positivt bidrag ved høy konsentrasjon (doblet gassdannelse ved 10.000 mg skumdemper pr m³ slam).

Konklusjon fra delundersøkelsen: Skumdemperen hemmer ikke biogassproduksjonen, men dens effekt kan ha noe begrenset virkningstid pga. biologisk nedbrytning i råtnetankene.

3.6 Proteinanalyser

Proteiner er meget lett nedbrytelige under anaerobe betingelser, men kan danne uheldige mellomprodukter (f.eks. ammonium). Store tilførsler av proteiner kan også gi skumproblemer. Våre analyser av slam uttatt den 30.05.02 viste følgende proteinkonsentrasjoner:

- Råtnetank 1: 7,0 mg protein/g TS,
- Råtnetank 2: 7,3 mg protein/g TS,
- Utjevningstank: 6,7 mg protein/g TS,
- Slam fra Lillehammer: 11 mg protein/g TS.

Disse konsentrasjonene er ikke foruroligende høye.

3.7 Fettanalyser

Store tilførsler av fett vil kunne påvirke både slammets fysisk-kjemiske struktur og den mikrobiologiske sammensetning. Vi utførte en undersøkelse for fett i antatte hovedstrømmer av fett i avløpsvann og slam. Undersøkelsen baserer seg på stikkprøver. Da prøvematerialet er meget inhomogent og varierer mye med tiden, er analyseresultatene bare indikative. Typiske tilførte slamtyper og antatt fettrike vannstrømmer er prøvetatt. Analyseresultatene viser at fettkonsentrasjonen varierer mye mellom slamtypene. En massebalanse for fett følger i kapittel 5.

Tabell 1: Fettkonsentrasjon i utvalgte massestrømmer.

Prøvenavn	Prøvetype	TS %	Fettkons
Tine Meierier Tretten	Industriavløpsvann		410 mg/l
Fettfang Lillehammer RA	Fra fettfang (går idag ikke til	33	500 gram/l
Utløp Kims, stikkprøve	Industriavløpsvann		450 mg/l
Innløp Skreia	Kommunalt blandet		52 mg/l
Mellomsedim. Skreia	Flyteslam fra	4	960 mg/l
Slam fra Østre Toten til	Avvannet stabilisert	18,2	725 mg/l
Fra Søndre Land	Avvannet stabilisert	18,4	1100 mg/l
Fra Lillehammer	Avvannet stabilisert	22,9	1890 mg/l
Internslam 24.06.02, til RT	Slam produsert på Rambekk	10	1060 mg/l

3.8 Mikrobiologisk karakterisering av slam fra Skreia RA

Ettersom vi har hørt om tidligere skummingsproblemer ved Skreia RA med tilhørende funn av *Nocardia*-bakterier, utførte vi en oppfølgende mikrobiologisk undersøkelse av dette slammet. I den forbindelse så vi på en prøve av flyteslam fra mellomsedimenteringstrinnet, uttatt den 24.06.2002.

Dette slammet var sterkt dominert (>90%?) av en sterkt forgrenet filamentøs bakterie, som mest sannsynlig er *Nocardia*. Lengden på de fleste lå i området 10-100 µm, med en diameter på 0.5-1 µm. *Nocardia*-skummet er normalt brunt.

Nocardia er obligat aerob, noe som vil si at den absolutt ikke vil klare seg i råtnetankene på Rambekk. *Nocardia* produserer trehalose, som er et overflateaktivt stoff (en biosurfaktant). Dette vil si at selv om *Nocardia* neppe vil utgjøre noen stor andel av slammet i råtnetankene, kan trehalosen som følger med slammet, og som kanskje kan frigjøres i større mengde når de stresses ved tilførsel til de anaerobe tankene, føre til skumming. Trehalose er forøvrig et enkelt disakkarid av glukose, som raskt nedbrytes.

4. Systematisk gjennomgang av driftsdata

4.1 Variasjonsmønster og systemrespons

Vi har gått gjennom driftsdata for perioden 01.02.02 til 15.04.02 og samme periode i 2001 for å se om årsaken til skumproblemet kan leses av driften på slambehandlingsanlegget. Skumproblemet ser ikke ut til å ha hatt noen signifikant effekt på den spesifikke gassproduksjonen (i f.h.t mengden TS inn på råtnetankene). Det er ikke betydelige endringer fra 2001 til 2002 i mengden slam fra de ulike eksterne kildene, med unntak av Søndre Land (ca 30% økning).

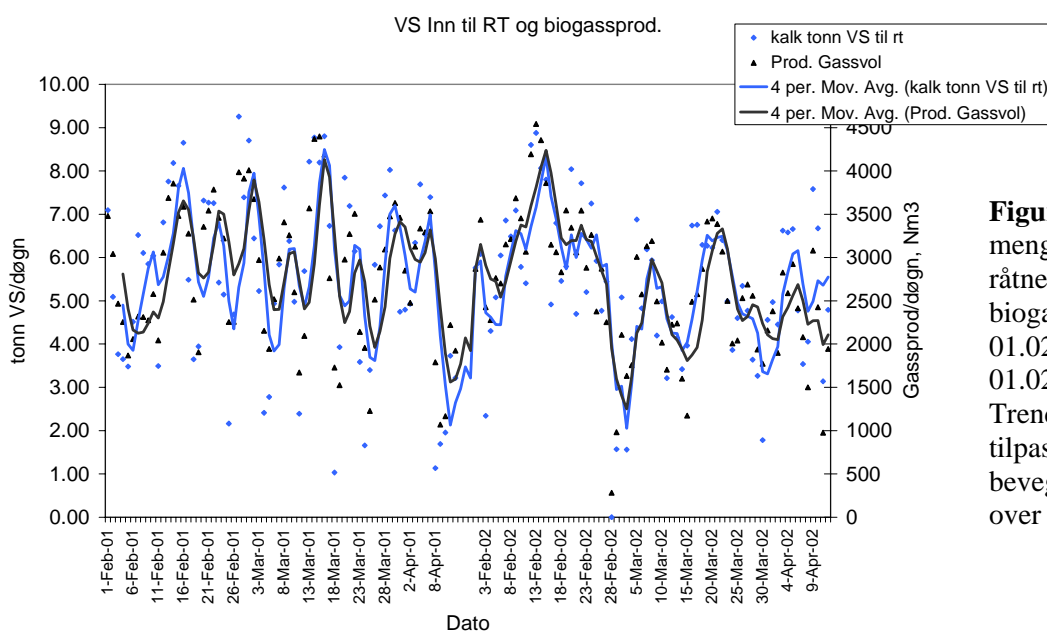
Skummingen kan skje meget hurtig (fra "ingen" til full alarm på 1.5 timer i ett tilfelle), og er betydelig redusert etter henstand én dag. Dette underbygger funnet gjort ved mikroskopering, at skummet ikke er av mikrobiell art. Etterhvert har det imidlertid vært relativt kraftig skumming mer eller mindre permanent under normal kjøring, inntil skumdempere fra Nalco ble tatt i bruk.

En økning av pausetiden mellom hver omrøringsyklus med biogass fra 2000 sek til 4000 sek og samtidig senking av temperaturen i råtnetankene fra ca 37-38 °C til ca 36-37 °C ser ut til å ha hatt en dempende effekt på skummingen.

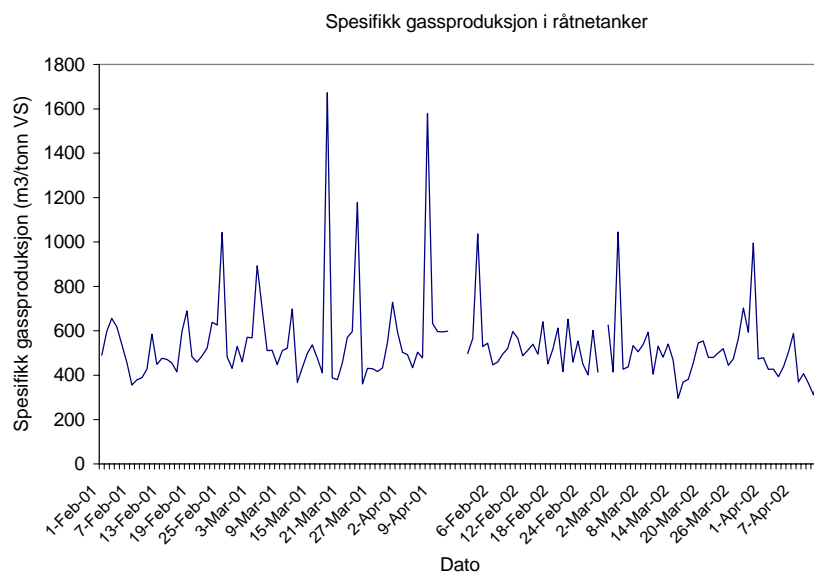
Konklusjon fra delundersøkelsen: Hvis årsaken til skumproblemet finnes i det eksterne slammet, er det sannsynligvis forårsaket av en endring i slammets sammensetning / karakter.

4.2 Biogassproduksjon og VS-tilførsel

Biogassproduksjonen er forventet å samsvare med mengden omsettelig organisk materiale som råtnetankene blir tilført. I figur 2 er disse parameterne plottet mot hverandre, og det innbyrdes forholdet mellom tilført VS og produsert biogass ser ut til å være relativt stabilt i begge periodene 01.02.01-15.04.01 og 01.02.02-15.04.02. Dette er også vist i figur 3, der den spesifikke biogassproduksjonen (mengde biogass produsert pr kg VS tilført) er plottet. Den tilførte mengden VS er derimot meget skiftende, men ser ikke ut til å ha noen videre betydning utover at anlegget er underbelastet. Anlegget er forøvrig dimensjonert for 15 kg TS/døgn, eller drøyt 10 kg VS/døgn.



Figur 2. Kalkulert mengde VS inn til råtnetanker og produsert biogass i periodene 01.02.01-15.04.01 og 01.02.02-15.04.02. Trenden i datasettet er tilpasset med et bevegelig gjennomsnitt over fire dager.

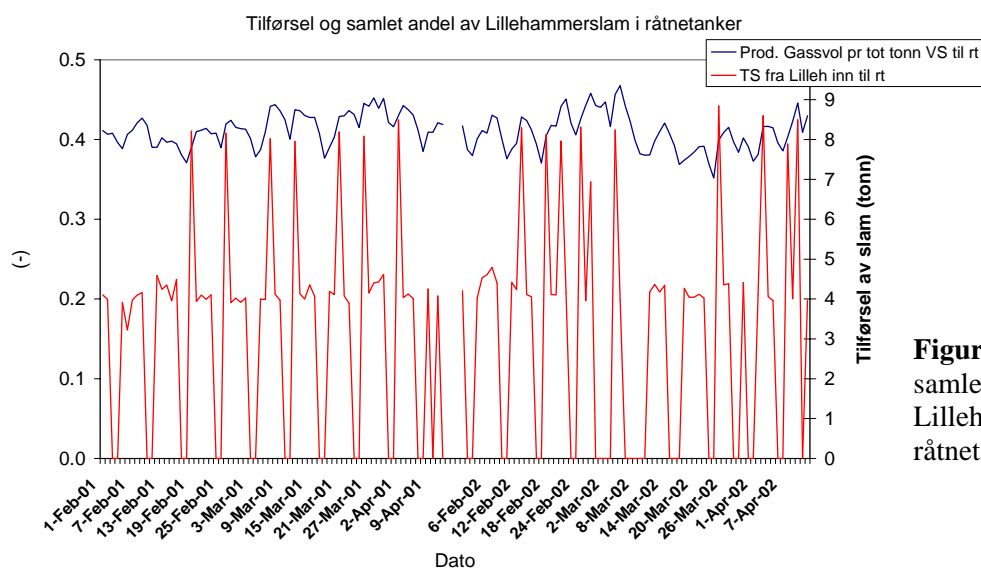


Figur 3. Spesifikk biogass-produksjon i råtnetankene

4.3 Tilførsel og samlet andel av Lillehammerslam i råtnetanker

Figur 4 viser mengden tilført Lillehammerslam til råtnetankene i periodene 01.02.01-15.04.01 og 01.02.02-15.04.02, samt den estimerte andelen Lillehammerslam utgjorde av den samlede slammengde i råtnetankene. Andelen ble beregnet ut fra totalmengden (tonn TS) slam tilført og tatt ut pr dag, totalmengden Lillehammerslam tilført (tonn TS) og en antatt totalmengde slam i råtnetankene på ca 74 tonn. Det er ingen signifikant forskjell mellom de to periodene hverken hva gjelder tilførsel av Lillehammerslam eller hvor stor andel denne utgjorde av totalslammet. Hvis det er Lillehammerslammet som er årsak til problemet, indikerer dette at det er slammets sammensetning som er endret.

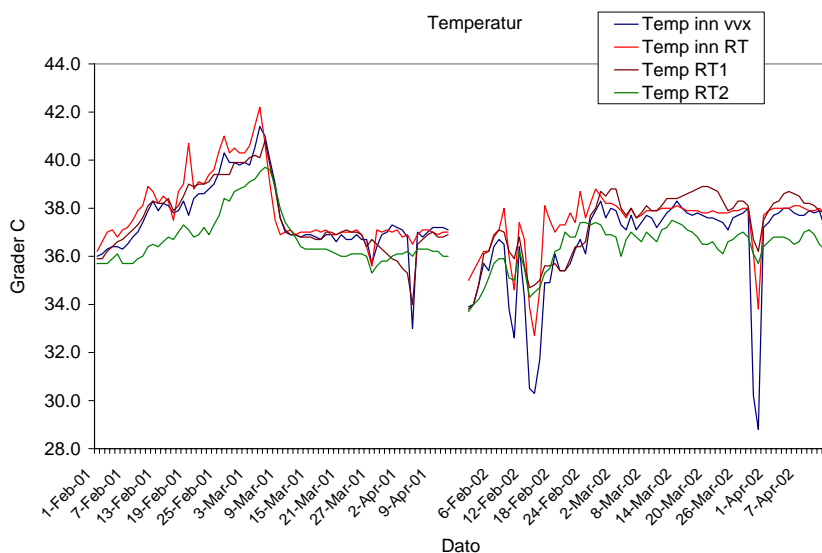
Heller ikke for de andre eksterne slamtypene registrerer vi store forskjeller i leverte volumer fra '01 til '02, bortsett fra for Søndre Land. I mars-april '02 er det mottatt ca 30% mer av dette slammet enn for tilsvarende periode i fjor.



Figur 4. Tilførsel og samlet andel av Lillehammerslam til råtnetankene.

4.4 Temperatur

Tidlig i 2001 var temperaturen på varmeveksler, inn til råtnetanker og i råtnetankene høy og stigende (problemer med varmeveksler?). Temperaturen har imidlertid vært relativt stabil på et lavere nivå (35-38 grader) etter dette. Det forekommer gjentatte svingninger, deriblant to meget signifikante plutselige men kortvarige fall i temperatur i februar '02 og mars '02. Temperaturen i RT1 ligger jevnt ca 1,5-2 grader over temperaturen i RT2.



Figur 5. Temperatur på slam i varmeveksler (v vx), inn til råtnetankene (RT) og inni råtnetank 1 og 2

Konklusjoner fra undersøkelsene av driftsdata:

Gjennomgangen av historiske driftsdata indikerer at både slam fra Lillehammer og fra Østre Toten (både Skreia og Lena) kan forårsake skummingen. Vi mener at skummingen må skyldes noe kjemisk i slammet, og ikke primært tilstedeværelsen av noen spesielle organismer i inngangsslammet, pga. den kraftige og raske responsen i anlegget mhp skumming, og et tilnærmet fravær av trådformige bakterier.

I tillegg kan de kraftige temperatursvingningene i varmeveksler og i råtnetanker ha negativ innvirkning på slammet. Disse forholdene er diskutert nærmere i kapittel 6.

5. Massebalanse for fett

5.1 Innledning

På bakgrunn av analyserte stikkprøver for fett og gjennomsnittsverdier for vannføring har vi forsøkt å utarbeide en massebalanse for fett. Fordi massebalansen er basert på analyser av stikkprøver og gjennomsnittsdata for varierende væskestrømmer over tid, er massebalansen bare indikativ.

5.2 Massebalanse

Tabell 2: Massebalanse for fett.

Prøvenavn	TS %	Volum	Fettkons.	Mengde fett	Kommentar:
Tine Meierier Tretten 24.06.02		9 m3/uke	410 g/m3	3,7 kg/uke	
Fettfang Lillehammer RA 24.06.02	33	12,5 m3/uke	500 kg/m3	6250 kg/uke	
Utløp Kims, stikkprøve 24.06.02		700 m3/uke	450 g/m3	315 kg/uke	Regner 2800 m3/mnd fra Kims
Innløp Skreia 24.06.02		9500 m3/uke	52 g/m3	494 kg/uke	Regner 38000 m3/mnd
Mellomsedim. Skreia 24.06.02	4	140 m3/uke	960 g/m3	134 kg/uke	Vol mellomsedim. slam estimert lik vol overskuddslam
Slam fra Østre Toten til Rambekk	18,2	25 tonn/uke	725 g/m3	18 kg/uke	Omfatter slam fra Skreia og Kapp.*
Fra Søndre Land 20.06.02	18,4	12 tonn/uke	1100 g/m3	13 kg/uke	antar egenvekt på 1 tonn/m3
Fra Lillehammer 21.06.02	22,9	140 tonn/uke	1890 g/m3	265 kg/uke	antar egenvekt på 1 tonn/m3
Internslam Rambekk 24.06.02, til RT	10	1050 m3/uke	1060 g/m3	1113 kg/uke	Regner 150m3 internslam pr dag til RT

Resultatet indikerer stor fett-nedbrytning på Skreia RA, eller prøveinhomogenitet

Observasjoner

Massebalansen går ikke opp. Tilført mengde til RT er vesentlig høyere enn tilførsel fra antatte hovedkilder. Relativt lavt fettbidrag fra Ø. Toten (Skreia) pga Kims
Forbausende høy fettkons i innløp til råtnetank. Skyldes dette lokale fettkilder (fettfang, industri i Gjøvik?)
Et evt bidrag av fett fra fettfang Lillehammer vil øke fettbelastningen vesentlig (ca 6 ganger), og frarådes.

Forklaringer

Massebalansen går ikke opp pga prøve-inhomogenitet, særlig i slamprøvene
Massebalansen går ikke opp pga tidvise variasjoner (gjelder f.eks Skreia RA, og lokale fettkilder?)

Anbefalinger

Måle fettinnhold i internslam til RT over 2 mnd, ukentlig prøvetaking. Vurdere svingningsmønsteret

5.3 Konklusjoner basert på massebalansen

Det virker som om det kan være en vesentlig fettkilde i Gjøvik kommune som gir et fettbidrag via fettfanget i vannrensprosessen ved Rambekk. Denne kilden kan være f.eks. lokal potetindustri eller kjøpesentre etc. Dette bør undersøkes nærmere, bla ved regelmessige analyser av fett i internslammet.

Fettbidragene fra Østre Toten og Søndre Land er meget beskjedne. Største identifiserte eksterne kilde til fett i slam er bidragene via Lillehammerslam (254 kg/uke). En evt nyordning der Rambekk mottar fett fra fettfanget på Lillehammer RA vil øke ukestilførselen med over 6 tonn (!).

Vi anbefaler derfor ikke uten videre en foreslått nyordning der fett fra fettfanget hos Lillehammer RA tilføres slamanlegget ved Rambekk RA.

6. Mulige årsaker til skumproblemene

6.1 Mulige eksterne årsaker

Skummingsproblemene kan ha sin årsak i både eksterne og interne forhold. Den biokjemiske prosessen vil påvirkes både av endringer i slamtilførsel (mengde og kvalitet) og svingninger i interne driftsbetingelser. I det følgende er sannsynlige eksterne årsaker drøftet.

6.1.1 Lav spesifikk slamtilførsel

I hht. våre beregninger tilføres det bare drøyt 5 tonn VS/døgn (gjennomsnittlig på 5.3 tonn VS per døgn i perioden 01.02.02-12.04.02, og 5.6 tonn VS per døgn i samme periode 2001) til slamanlegget, mens anlegget er dimensjonert for 10 tonn VS/døgn. Dagens TS-tilførsel er også signifikant lavere enn hva anlegget er dimensjonert for. Volumetrisk tilførsel er bare 1,8-1,9 kg VS/m³*døgn, noe som er lavt for et høy-effekts anlegg av denne typen. Slammets oppholdstid (ikke korrigert for vann-tilsats) er ca 25 døgn, dette er relativt lenge for et anlegg av denne typen. (Gjennomsnittlig slamtilførsel er på 88 m³/d i perioden i 2002, med en vanntilførsel på ca 35 m³/d, noe som gir en midlere oppholdstid på ca 22 døgn hvis det effektive tankvolumet er 2x1350 m³.)

Vi har kalkulert TS-reduksjonen i anlegget til å være 30%, og VS-reduksjonen til ca 42%. Dette er imidlertid ganske normale verdier for hhv. TS og VS reduksjon.

Den lave slamtilførselen gjør at biokulturen ikke utnyttes optimalt, og kan bli ustabil. Lav slamtilførsel vil også kunne føre til mangel på essensielle næringssalter til biokulturen. Trådformige bakterier har en fordel under næringssaltbegrensning (lavt spesifikk næringstofftilgang) pga. sitt store overflate/volum-forhold. Større slamtilførsel, eller redusert aktivt volum i reaktorne vil kunne bedre på denne situasjonen. Hvis den lave slamtilførselen vedvarer, bør det kanskje vurderes å operere anlegget med bare én av reaktorne i drift.

6.1.2 Høyt fettinnhold inngangsslam

Høyt innhold av fett i det inngående slammet til råtnetank er enn velkjent årsak til skumming. Noen typer fett er tungt nedbrytbare, mens andre typer raskt omdannes til organiske syrer. Fetttilførselen bør følgelig kontrolleres. Fetttilførsel fra KIMs AS på Skreia har vært i søkelyset, men analysene av fett fra Skreia RA tilsier ikke at KIMS er en betydelig kilde av fett til slamanlegget. Den største identifiserte fettkilden er slam fra Lillehammer RA, men resultatene indikerer at det er en enda større fettkilde internt i Gjøvik kommune.

6.1.3 Høyt proteininnhold inngangsslam

Et høyt innhold av protein i det inngående slammet til råtnetank er en annen mulig årsak til skumming. Protein brytes meget lett ned, og kan danne flere mellomprodukter som kan hope seg opp i næringskjeden. Slam fra meierier i tilførselsdistriktet kan gi et uønsket høyt bidrag av proteiner. Vi har utført enkelte spesifikke analyser for protein (se kap. 3,6), uten å finne urovekkende høye verdier.

6.2 Mulige interne årsaker

Det er også mulige interne prosessmessige årsaker til skumproblemene. I det følgende har vi presentert de mest sannsynlige interne årsakene.

6.2.1 Lav spesifikk belastning

I tillegg til den lave tilførselen av slam i forhold til dimensjonerende kapasitet, tilføres det en god del vann til reaktorene for å bryte ned skummet mekanisk. Men det store tilskuddet av vann fortynner samtidig ut den aktive biomassen og reduserer konsentrasjonen av organisk stoff og næringsalter. Som nevnt ovenfor kan dette føre til skumming.

6.2.2 Varmeoverføring i varmeveksler

Kraftig og hurtig oppvarming av det inngående slam er meget uheldig, og vil kunne føre til betydelig stress på bakteriene i slammet. Slikt stress kan videre føre til at bakteriene lekker ut proteiner o.l., eller i verste fall dør med påfølgende lysis (sprekker opp og alt cellemateriale lekker ut), med sterk skumming som et plausibelt utkomme. Vi har fått opplyst at temperaturen i varmeveksleren er ca 56°C. Dette virker ganske høyt, et uavklart spørsmål er hvor mye av den totale slamstrøm som får en så høy oppvarming.

6.2.3 Høyt fettsyrenivå (VFA)

Fettsyrenivået er relativt høyt, men ikke alarmerende høyt. Dette kan imidlertid være en indikator på at de mikrobiologiske forholdene i reaktorene ikke er optimale, da det kan tyde på en opphopning av syrer i den anaerobe næringskjeden. Slik ubalanse kan skyldes svingninger i spesifikk slamtilførsel, pH, inngangsslammets sammensetning eller temperatur.

6.2.4 Høy alkalitet

Gjennomsnittlig alkalitet i reaktorene ligger rundt 8100 mg HCO_3^-/l , noe som er meget høyt. Høy alkalitet er i litteraturen rapportert i seg selv å kunne forårsake skumming. Blir bikarbonat brukt for pH-justering? Dette bør i tilfelle reduseres. Imidlertid er forholdet mellom syrer og alkalitet normalt (FS/BA forholdet er ca 0,12 på mol/mol-basis), i.o.m. syrenivået (VFA) også er relativt høyt.

7. Anbefalinger og mulige tiltak

7.1 Oppfølgende fettundersøkelse og krav til påslipp

Våre fettanalyser viser at mye fett tilføres med Lillehammer-slammet, mens Skreia-slammet ga overraskende lavt bidrag. Det er imidlertid tydelige tegn på at det i tillegg er andre, og større fettkilder. Dette kan være kilder i Gjøvik kommune. Vi har fått oppgitt at det har vært problemer med fett i en pumpestasjon tilknyttet et stort kjøpesenter i Gjøvik (CC-Mart'n), videre tillates tidvis store fettutslipp til nettet fra Norske Potetindustrier.

Vi vil anbefale at det i første omgang settes i gang et mer systematisk arbeid for å identifisere og kvantifisere alle potensielle større fettbidragsytere nærmere. Tilførselsmønsteret av fett bør også undersøkes, og stilles opp mot periodene med driftsproblemer på slamanlegget. Samtidig bør fettkonsentrasjonen inn til råtnetankene analyseres jevnlig, gjerne over et par måneder. I etterkant av dette bør det stilles krav til maksimale fettbidrag fra de ulike større bidragsyterne av fett. Kanskje en del fettavskillere på nettet ikke fungerer tilfredsstillende? Alternativt må tiltak settes inn på Rambekk for å kunne håndtere tilførsel av vann og slam med høyt fettinnhold.

Ukentlig tømmes fettfanget ved Rambekk RA på 3-4 m³ i slambehandlingsanlegget. Dette gir støtbelastninger av fett til reaktorne, som også kan være uheldig. En mer jevn tilførsel (f.eks. tømming 2 ganger i uka) vil kunne hjelpe.

7.2 Montere skumfelle/"fuselkopp"

Nordre Follo RA hadde tidvis store problemer med skumflukt via gassavdraget inntil de monterte en skumfelle (omtales gjerne som "fuselkopp") på gassledningen ut fra bioreaktor. Dette konstruerte de selv, basert på en utvidelse av røret med en indre kon. Det er sannsynlig at en slik skumfelle også vil kunne virke positivt inn på Rambekks råtnetanker.

7.3 Øke spesifikk slamtilførsel

Vi vil anbefale at den spesifikke slamtilførselen til råtnetankene økes. Dette kan enten kjøres ved å øke den totale tilførselen av slam, eller ved å redusere det aktive volumet i tankene. Vi har forstått at væsknivået i tankene er konstant, det kan derfor vurderes å prøve å kjøre anlegget med bare en av reaktorne i drift.

7.4 Skumdempningsmiddel

NIVAs tester viser at 15 ppm av Nalco skumdemper virker bra for å hemme skumdannelse. Innledende tester i full skala med 20 ppm av denne skumdemperen bekrefter dette. Det er imidlertid ikke ønskelig å basere driften av slamanlegget på bruk av denne skumdemperen, bla pga økonomiske årsaker.

7.5 Vanntilsats

Vannet som tidvis tilføres råtnetankene for å dempe skumdannelsen bør i størst mulig grad begrenses i omfang for å stabilisere de biokjemiske forholdene i tankene og begrense det ekstra avvanningsbehovet.

7.6 Varmeveksler

Det bør beregnes hvor mye av slammet som varmes opp til over 45 °C i varmeveksleren. Slamtemperaturen bør generelt ikke økes for mye og for hurtig.

7.7 Tilførselsmønster

Rambekk gjør forsøk nå med 300 sek tilførsel og 300 sek pause mellom hver tilførselsperiode til råtnetankene. Tankene føres annen hver gang. Disse forsøkene har virket positivt mhp å begrense skumming, og vi anbefaler å gjøre ytterligere vurderinger av hva som skal være det optimale tilførselsmønsteret.

7.8 Skumradar

Rambekk vurderer innkjøp av ”skumradar” i råtnetankene for å identifisere begynnende skumming, for så å starte vanntilsats tidlig. Dette vil sannsynligvis redusere det totale tilførte vannvolum, men eliminerer ikke den egentlige årsaken til driftsproblemene. For å få kontroll på situasjonen på lang sikt, mener vi det vil være mest hensiktsmessig å identifisere hvorfor skummingen oppstår. NIVA har ikke nok erfaring med slike radarer til å kunne uttale seg nærmere om dette utstyret.

7.9 Parallell eller seriell drift

I utlandet er det flere tilsvarende slamanlegg som opereres med to tanker i serie, i stedet for i parallell. Dette ble prøvd uten hell under oppstart av Rambekk-anlegget, men tiden kan nå være inne for å forsøke dette igjen. Ideen bak seriell drift er at den første høy-belastede reaktoren blir optimalisert for syreproduksjon, mens den etterfølgende reaktoren blir optimalisert for metanproduksjon med et noe høyere pH. I disse tilfellene vil biogassen ut fra den andre reaktoren kunne få et meget høyt metaninnhold, og det sluttbehandlede slammet vil kunne bli meget vel stabilisert og utrånnet.

8. Utvalgt litteratur

Metcalf & Eddy, Inc: "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse". McGraw-Hill, Inc., USA. Third edition, 1991.

Mørk, Preben C.: "Overflate og kolloidekjemi. Grunnleggende prinsipper og teorier" Inst. for industriell kjemi, NTH. Fjerde utg. 1994.