

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 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
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Skumproblemer i treforedlingsindustriens biologiske renseanlegg Driftserfaringer med småskala aktiv slam-anlegg	Løpenr. (for bestilling) 3981-98	Dato 20.01.99
	Prosjektnr. Undernr. O-98032	Sider Pris 24
Forfatter(e) Norgaard, Erik Eidså, Gudmunn	Fagområde	Distribusjon
	Geografisk område	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norsk Hydro ASA, Industrial Chemicals	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>4 småskala aktiv slam-anlegg er benyttet for å behandle avløpsvann fra Norske Skog Follum. Målet har vært å etablere småskala systemer for uttesting og dokumentasjon av skummings-effekten av utvalgte komponenter i avløpsvannet. Gjennom forsøk skulle det også klarlegges hvordan ulike driftsforhold i renseanlegget påvirker (stimulere eller motvirke) skumdannelse. Slike forhold er beskrevet å være slamalder, slambelastning og varierende redoksforhold i gjennomstrømmingssystemet.</p> <p>Småskala anleggene skulle benyttes for uttesting av ulike skumdempings-/avlutnings-produkter. I tillegg skulle forsøkene i småskala gi et grunnlag for å kunne anbefale måleparametere for oppfølging av skumdannelse i storskala anlegg.</p> <p>Det kan konkluderes med at småskala anleggene må drives med adskilt pumpe for slamretur dersom det skal være mulig å oppnå driftsforhold som gir overføringsverdi til storskala drift.</p> <p>Innledende testforsøk i småskala anlegg har vist at høy slamoppholdstid i ettersedimenteringsenhet påvirker skummingsbildet i aktiv slam-anlegg ved øket produksjon av hvitt skum.</p> <p>Resultatene synes å bekrefte observasjoner fra storskala drift ved HCR-anlegg ved Norske Skog Follum.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Biologiske renseanlegg 2. Småskala 3. Aktiv slam 4. Skumdempere 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Biological waste water treatment plants 2. Small scale 3. Activated sludge 4. Antifoam media
--	---


Norgaard, Erik
Prosjektleder

ISBN 82-577-3577-9


Wathne, Bente
Forsknings sjef

Skumproblemer i treforedlingsindustriens biologiske
renseanlegg

Driftserfaringer med småskala aktiv slam-anlegg

Forord

HydroCare og Hydro Oleochemicals representerer henholdsvis et forretningsområde og et autonomt produksjonsselskap innenfor Hydro Chemical Division ASA. Sistnevnte er i ferd med å utvikle neste generasjons skumdempere / avluftere. Sammen med bransjemedlemmene i treforedlingsringen har selskapene fått NFR-finansiering gjennom NORMIL 2000 for å skreddersy og teste ut produktene i treforedlingsindustriens biologiske renseanlegg. Treforedlingsindustrien representerer det største enkeltmarkedet for skumdempingsprodukter.

Problemstillingene som søkes belyst i og mål for prosjektet er flerdelt:

1. Utvikling av og dokumentasjon av effekter i miljøvennlige og bionedbrytbare alternativer til dagens skumdempere og avluftere
2. Forstå årsaksforholdene ved skumbygging i biologiske renseprosesser
3. Forstå hvilke mekanismer som stabiliserer og destabiliserer "treforedlingsskum"
4. Bruke småskala aktiv slam-anlegg for å stimulere skumdannelse og teste produkter
5. Finne fram til et sett med "skumrelevante driftsparametere" for en problemvinklet oppfølging av renseanleggene hos treforedlingsringens medlemmer
6. Etablere relevante skumanalyser som gir muligheter for å beskrive skumkvalitet og mulige årsaker til skumdannelsen

Denne delrapporten beskriver innledende erfaringer fra praktiske forsøk i småskala aktiv slam-anlegg.

Delprosjektgruppen består av
Erik Norgaard, NIVA-Sørlandsavdelingen, prosjektleder
Gudmunn Eidså, SINTEF
Karin Øyaas, PFI
Robert Orr, Hydro FOU-senter

Prosjektansvarlig er:
Hydro Chemical Division ASA v/Gaute Finstad i HydroCare

I hovedprosjektet deltar også:
Astrid Broch-Due, Norske Skog Follum
Stig Hemstad, Hydro Oleochemicals
Sissel Ravnsborg, PFI

Grimstad, januar 1999

Norgaard, Erik

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn	6
2. Etablering av og driftserfaring med småskala aktiv slam-anlegg for behandling av avløpsvann fra Norske Skog Follum	7
2.1 Innhenting og lagring av slam og avløpsvann	7
2.2 Etablering av småskala-anlegg	7
2.2.1 NIVA	7
2.2.2 SINTEF	9
3. Driftsoppfølging	10
4. Erfaringer og resultater fra innkjøringsfasen	12
4.1 Kvalitet i avløpsvannet fra Norske Skog Follum brukt i forsøk i småskala aktiv slam-anlegg	12
4.2 Driftserfaringer med småskala-anlegg ved NIVA	13
4.3 Driftserfaringer med småskala-anlegg ved SINTEF	15
4.4 Spesielle observasjoner - slamkvalitet	15
5. Vurdering av resultater og forslag til videreføring	17
6. Erfaringer fra testforsøk i revidert småskala-anlegg	19
6.1 Gjennomføring	20
6.1.1 Driftsoppfølging	21
6.2 Resultater og diskusjon	22

Sammendrag

4 småskala aktiv slam-anlegg er testet på behandling av avløpsvann fra Norske Skog Follum. 2 av anleggene ble drevet ved NIVA, mens 2 anlegg ble drevet ved SINTEF.

Erfaringene fra denne innkjøringsfasen oppsummeres i punktene nedenfor:

- Slamreturmengdene (Q_{RAS}) varierte kraftig innenfor et område på $2,5 - 10 * Q_{innløp}$, som er langt høyere enn ønsket ($Q_{RAS} = 0,5 - 1,5 * Q_{innløp}$)
- Slamalderen varierte mellom 0,8 og 2 døgn, som ligger innenfor et ønsket intervall på 1-4 døgn
- Oksygenkonsentrasjonen i slammet lå i mesteparten av tiden over nedre grense for oppløst oksygen i HCR-anlegget ved Norske Skog Follum ($> 2 \text{ mg O}_2/\text{l}$), men sank periodevis også ned mot og under $0,5 \text{ mg O}_2/\text{l}$
- pH viste stabile verdier rundt og over 7,5
- Rensegraden (målt som nedgang i DOC) lå hele tiden i området 63 – 74,5%, med R2 (laveste hydrauliske belastning; - NIVA) som det mest effektive systemet
- Slammet hadde stort sett en fin struktur og gode sedimenteringsegenskaper. I starten ble det observert en del filamentære organismer. Mengden av disse avtok markert når temperaturen ble justert opp (verdier $> 32^\circ\text{C}$; - NIVA)

Basert på resultater og erfaringer frem til 1/10 1998 ble driften av småskala aktiv slam-anleggene endret ved å etablere egen pumpe for intervalldrevet slamretur.

Tester i system med separat slamtransport har vist at det er mulig å oppnå slamreturer på ønsket nivå, nemlig $0,5 - 2 * Q_{innløp}$.

Testforsøk i småskala-anlegg der slamtransport skjer med separat pumpe viste at høy slamoppholdstid i ettersedimenteringsenhet påvirker skummingsbildet i aktiv slam-anlegg ved øket produksjon av hvitt skum.

Resultatene synes derfor å bekrefte observasjoner fra storskala-drift ved HCR-anlegg ved Norske Skog Follum.

1. Bakgrunn

I delprosjekt 1 A ble det utarbeidet en litteraturred rapport som gir grunnleggende kunnskap om kvalitet og sammensetning i prosess- og avløpsvann i treforedlingsindustrien samt innspill om hvilke stoffgrupper som kan forårsake skum.

Rapporten gir en kort oversikt over mikrobiologien i aktiv slambelegget og hvilke mikrober og metabolitter som kan være sentrale i forbindelse med skummings- og slamsvellingsproblematikk.

Rapporten gir en kort introduksjon til ulike rensetekniske løsninger og videre driftskriterienes effekter på slamkvalitet og skumming.

Rapporten gjennomgår også teorier som gir det nødvendige grunnlaget for å forstå virkningsmekanismene bak skumbygging og destabilisering av skum samt virkningsmekanismene for skumdempingsprodukter og avluftere. Det gis en kort gjennomgang av metoder for å måle skum.

Med bakgrunn i litteraturred rapporten skulle det gjennomføres praktiske forsøk med avløpsvann fra Norske Skog Follum i småskala (laboratorieskala) aktiv slam-belegg.

Målet er å etablere småskala systemer for uttesting og dokumentasjon av skummings-effekten av utvalgte komponenter i avløpsvannet. Gjennom forsøk skal det også settes fokus på hvordan ulike driftsforhold i rensbelegget påvirker (stimulere eller motvirke) skumdannelse. Slike forhold er bl.a. beskrevet å kunne være slamalder, slambelastning og varierende redoksforhold i gjennomstrømningssystemet.

Småskala-beleggene skulle benyttes for uttesting av ulike skumdempings- / avluftningsprodukter.

I tillegg skulle forsøkene i småskala gi et grunnlag for å kunne anbefale måleparametere for oppfølging av skumdannelse i storskala-belegg.

2. Etablering av og driftserfaring med småskala aktiv slam-anlegg for behandling av avløpsvann fra Norske Skog Follum

Det ble bestemt å rigge opp småskala-anlegg både hos SINTEF Kjemi (Avdeling Miljø) og NIVA; 2 anlegg ved hver institusjon. Dette ble begrunnet med at flere anlegg i drift ved 2 laboratorier ville gi prosjektgjennomføringen større fleksibilitet med hensyn til:

- Dokumentasjon av effekter av endringer i utvalgte driftsparametere
- Revisjoner av driftsforhold
- Utnyttelse av utstyr og støttefunksjoner ved oppfølging og dokumentasjon

I tillegg ville fatale driftsproblemer ikke forårsake full stopp i fremdriften av prosjektet.

2.1 Innhenting og lagring av slam og avløpsvann

Den 26. august ble det innhentet 600 liter med avløpsvann fra Norske Skog Follum. Avløpsvannet ble fordelt på 12 melkespann á 50 liter.

Det ble samtidig innhentet 2 slamprøver á 1 liter. Slamprøvene som ble tatt fra reaktor nr. 2 (reaktor nr. 1 og 2 er koplet i serie) ble overført til rene 2 liters plastflasker med skrukork.

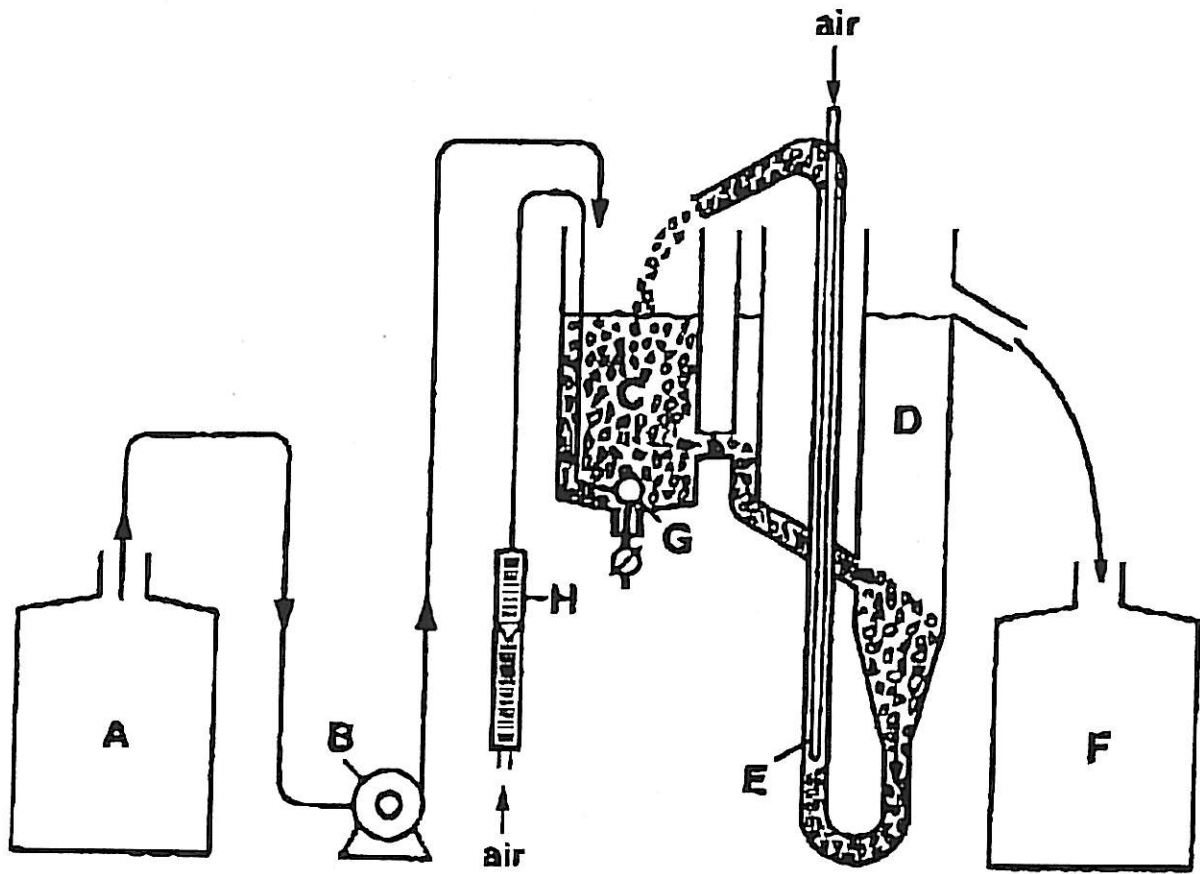
Avløpsvann og slam ble umiddelbart etter innhenting transportert til SINTEF og NIVA Oslo. Slamprøvene ble regelmessig rystet under transporten, og ble tilført oksygen ved gjennomlufting umiddelbart etter ankomst til laboratoriene.

Avløpsvannet ble lagret mørkt ved +4°C for å unngå for store endringer i kjemi som funksjon av lagringstid.

2.2 Etablering av småskala-anlegg

2.2.1 NIVA

Aktiv slam-anlegget (figur 1) ble montert opp i termostatert rom på benk med avtrekk. Avløpsvannet ble tilført fra glassbeholder med volum tilsvarende ett døgn's "forbruk" i aktiv slamanleggene.



A:	Fødebasseng	E:	"Air Lift"
B:	Doseringspumpe	F:	Enhet for oppsamling av behandlet avløpsvann
C:	Aktiv slam-enhet (1 liter)	G:	Lufter (akvariestein)
D:	Ettersedimenteringsenhet	H:	Flow-meter

Figur 1. Prinsippskisse over småskala-anlegg benyttet ved gjennomføring av forsøk med avløpsvann fra Norske Skog Follum

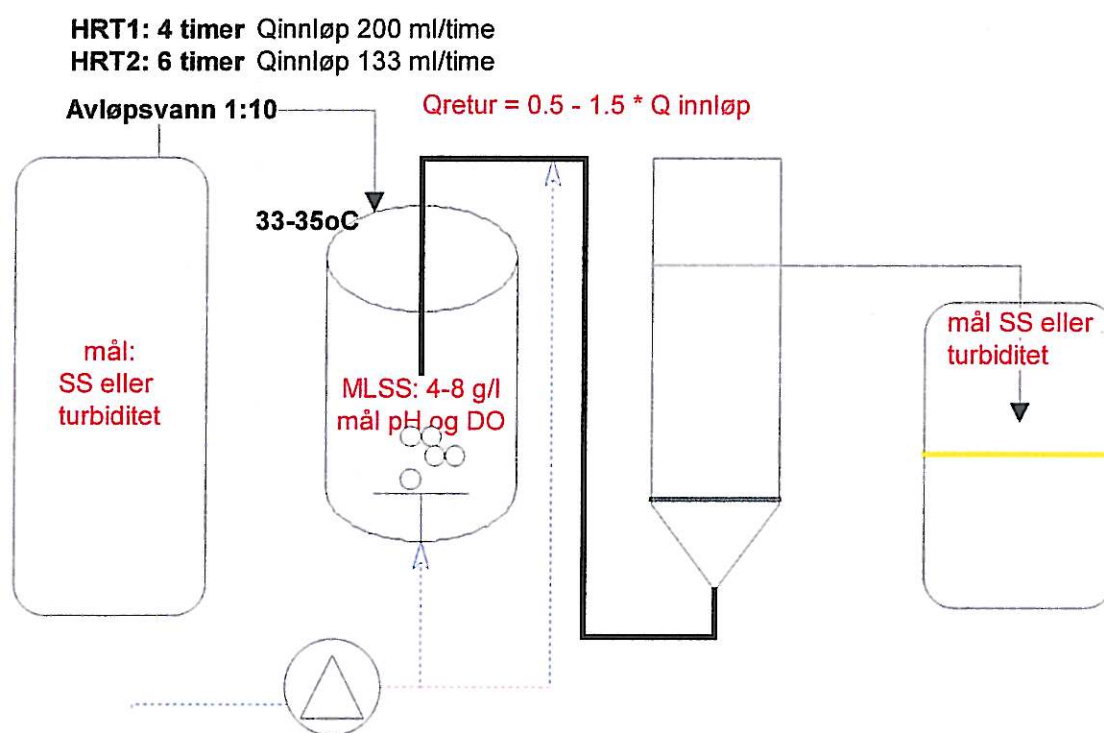
2.2.2 SINTEF

Hos SINTEF ble aktiv slam-anleggene etablert i et termostatert varmeskap hvor ønsket driftstemperatur kunne innstilles nøyaktig ($35^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$).

Avløpsvann med temperatur $+4^{\circ}\text{C}$, ble tilført fra glasstanker med volum tilstrekkelig for 2-3 døgns forbruk (week end-drift).

3. Driftsoppfølging

Driftsoppfølgingen skulle i en startfase foregå etter spesifikasjonene beskrevet i figur 2 og i tabell 1 under.



Figur 2. Driftsforhold i oppstartning (kalibreringsfase) av reaktor 1 og 2 ved henholdsvis SINTEF og NIVA

De hydrauliske oppholdstidene og slambelastningene skulle velges noe forskjellig for de to anleggene. I reaktor 1 ble den hydrauliske oppholdstiden (= HRT) satt til 4 timer, mens tilsvarende i reaktor 2 ble satt til 6 timer.

Slammengden i aktiv slam-reaktoren skulle holdes i området 4 – 8 g/l. Returslammengde (Q_{RAS}) skulle ikke overstige 1,5 * innløpsmengden ($0,5 - 1,5 * Q_{innløp}$).

Det var viktig å ha kontroll på slamuttaket slik at:

- Slamalderen (= SRT) kunne holdes på mellom 1 og 4 døgn
- Slamteppet i sedimenteringsenheten kunne styres til ønsket nivå (jfr. teori om at anaerobe prosesser og celledød i slammet grunnet lang oppholdstid i ettersedimenteringsenheten påvirker skummingsbildet i aktiv slam-fasen).

Tabell 1 under beskriver de sentrale parameterne som ble valgt for oppfølging av rensanleggene. Renseeffekten i anlegget ble dokumentert gjennom analyser av DOC. Like før avslutningen av prosjektet ble det bestemt å gå over til turbiditetsmålinger.

Tabell 1. Oppfølging av reaktor 1 og 2 i startfase

UKENr. / 98	Analyser og tester	INNløP (virkedager)					REAKTOR (virkedager)					UTLøP (virkedager)				
		dag 1	dag 2	dag 3	dag 4	dag 5	dag 1	dag 2	dag 3	dag 4	dag 5	dag 1	dag 2	dag 3	dag 4	dag 5
Drifts-parameter	Resultat															
Temperatur	mikroskop	+				+ ^a	+									
$Q_{innløp}$	pH	+				+ ^b	+									
HRT ¹	SV							+								
Gass-Flow ²	SS						+ ^c	+ ^c	+ ^c	+ ^c	+ ^c					
Q_{retur}	O ₂ (DO)	+				+	+ ^c	+ ^c	+ ^c	+ ^c	+ ^c					
Slamuttak	Fryseprøve	+				+ ^d	+									
SRT ⁴	DOC	+				+ ^e										
	Sopp	+				+ ^f										
	CFU _{het}	+				+ ^f										
	Skum ^h	+				+ ^f										

- ^a) Mikroskopiprøve ikke etter 5, men etter 15 (30) døgn for å se om det har skjedd endringer / oppvekst over tid
^b) pH ikke etter 5, men etter 15 (30) døgn for å se om det har skjedd endringer i pH (som sikkert kan relateres til ^a) etter lagring
^c) Slamkarakter/kvalitet følges nøye opp i starten (2 første uker). Etter hvert vil slamkvaliteten beskrives i fritekst (journal) med noen stikkprøver
^d) Fryseprøve ikke etter 5 døgn, men etter 15 (30) døgn for å se om det har skjedd endringer etter lagring
^e) DOC-analyse ikke etter 5 døgn, men etter 15 (30) døgn for å se om det har skjedd endringer etter lagring
^f) Her vurderes ukeshandprøve eller annen form for blandprøve
^g) Dyrkingsprøve etter 15 (30) døgn for å undersøke om det har skjedd oppvekst etter lagring
^h) Bikermanprøver etter behov

¹ Beregnet ut fra $Q_{innløp}$
² Avlest gjennomstrømning på flowmeter
³ Måles manuelt og verdien tilbakeføres til flow
⁴ Beregnet ut fra slamengde i slamvolum-prøver (SV) fra aktiv slambasseng

4. Erfaringer og resultater fra innkjøringsfasen

Det ble bestemt å sette av ca. 2 uker til innkjøring av anleggene som en slags kalibreringsfase.

4.1 Kvalitet i avløpsvannet fra Norske Skog Follum brukt i forsøk i småskala aktiv slam-anlegg

Tabell 2 viser kvaliteten i avløpsvannet som ble benyttet i forsøkene i småskala aktiv slam-anlegg ved NIVA og SINTEF.

Renseeffekten målt som nedgang i konsentrasjonen av oppløst organisk karbon er også vist i tabellen.

Tabell 2. Kvalitet i avløpsvann fra Norske Skog Follum. Renseeffekt i småskala aktiv slam-anlegg ved NIVA, målt som nedgang i løst organisk karbon i utløpsvann. % rensing i parentes.

	Avløp (mg/l)	REAKTORER									
		R1 (mg/l)	R2 (mg/l)	R1 (mg/l)	R2 (mg/l)	R1 (mg/l)	R2 (mg/l)	R1 (mg/l)	R2 (mg/l)	R1 (mg/l)	R2 (mg/l)
		31/8 1998		31/8-4/9 1998		7/9-8/9 1998		21/9 1998 ¹		26/9 1998 ²	
DOC/DC	1109										
BOF ₇	1580										
BOF ₇ (filtrert)	1415										
KOF _{TOT}	3530										
KOF _{TOT} (filtrert)	3360										
DOC/DC ³		364 (67)	333 (70)	315 (71,5)	310 (72)	395 (64,5)	255 (77)	41 (63)	35 (68,5)	72 (71,5)	64 (74,5)

¹ Mediet fortynnet til 10 % av opprinnelig konsentrasjon

² Mediet fortynnet til 20 % av opprinnelig konsentrasjon

³ Renseeffekt målt som % nedgang i DOC i parentes

Tabellen viser at noe i overkant av 40% av det organiske stoffet i avløpet er nedbrytbart (BOF₇), mens en stor andel av det organiske stoffet lar seg filtrere gjennom glassfiberfiltre (GF/C) med lysåpning på ca. 1µm, henholdsvis 90% av BOF₇ og 95% av KOF.

Renseeffekten målt som nedgang i DOC varierer mellom 63 og 77%. Renseeffekten er signifikant bedre i R2 som ble drevet med den høyeste hydrauliske oppholdstiden.

4.2 Driftserfaringer med småskala-anlegg ved NIVA

Tabellene 3 og 4 nedenfor beskriver driftserfaringene fra kalibreringsfasen ved NIVA.

Tabell 3. Driftsdata for renseanlegg R1 ved NIVA. Data markert med uthevet skrift ligger utenfor ønsket område.

Drifts- parameter	R1										
	DATO										
	27/8	28/8	29/8	30/8	31/8	1/9	2/9	4/9	5/9	6/9	7/9
Q	192	192	192	198		192		195			210
Temp	30	31,5	31,9	32,2		32	32,8		32,6		33,1
DO	3,9					4,0				0	<0,5
PH				7,7							
STS (g/l)	6,3	7,1		4,96		3,9	4,58	4,26			3,72
Q _{RAS} (ml/time)					1380	1020					720
Slamuttak (ml)		250	710	570	500	300		440	500	450	900
Slamuttak (g)			6,2	3,0	2,6			3,25			7,2
SRT (døgn)			0,8	1,3	1,4			1			0,4

Reaktor R1 ble drevet med høyeste hydrauliske belastning.

Av tabellen fremgår at oksygenivået var svært lavt i slutten av perioden.

Dette viser problemet med å få til en stabil oksygenering fra et membransystem som har to (2) funksjonelle oppgaver:

1. Som kilde til luft for aktiv slamkulturen
2. Som kilde til luft for å "pumpe" slam i retur fra sedimenteringsenheten og tilbake til aktiv slam-reaktoren

Den største utfordringen for småskala-anlegget blir å drive med slamreturer på $0.5 - 1.5 * Q_{innløp}$. Slamreturer på $3,4 - 7,2 * Q_{innløp}$ vil ikke gi driftsbetingelser som har overføringsverdier til storskala-drift av aktiv slam-anlegg i treforedlingsindustrien.

Tabell 4. Driftsdata for renseanlegg R2 ved NIVA. Data markert med uthevet skrift ligger utenfor det på forhånd ønskede området.

Drifts- parameter	R2										
	DATO										
	27/8	28/8	29/8	30/8	31/8	1/9	4/9	5/9	6/9	7/9	8/9
Q (ml/time)	132	132	150	138		138	135			137	
Temp	30	31,5				32	32,5			33,1	
DO	4,8					4,0			<0,5	<0,5	2,3
PH		7,7		7,6							
STS (g/l)	5,1	4,6		3,06		2,6	3,96	4,48			5,62
Q _{RAS} (ml/time)					1356	840					342
Slamuttak (ml)			375	490	500	300	420	450	150	700	
Slamuttak (g)			1,5	2,5			3,0			4,62	
SRT (døgn)			2,1	1	1,1		1,1			1	

Reaktor R2 ble drevet med laveste hydrauliske belastning.

Som det fremgår var det også for dette systemet problemer med å holde DO-konsentrasjonen på et nivå $> 2\text{mg O}_2/\text{l}$.

R2 ble som R1 drevet med store variasjoner i slamretur ($2,5 - 10 * Q_{\text{innløp}}$).

4.3 Driftserfaringer med småskala-anlegg ved SINTEF

Driftsdata fra aktiv slamanleggene R₁ og R₂ ved SINTEF er vist i tabell 5.

Tabell 5. Driftserfaringer med småskala aktiv slam-anlegg ved SINTEF

Driftsparameter	Benevning	REAKTOR	
		R1	R2
Gjennomstrømning	ml/time	195 - 205	125 - 135
Temperatur (aktiv slam kultur)	°C	35	35
Biomasse		4 - 9	4 - 7
Slamuttak	ml	200 - 600	200 - 300
Slamuttak	g	2 - 5	2 - 4

Anleggene ved SINTEF ble drevet med nøyaktig 35°C i aktiv slamkulturene. Til forskjell fra NIVA ble avløpsvannet fødet fra stor beholder i kjøleskap (+ 4°C), noe som gir muligheter for ubemannet drift over week-end.

I innkjøringsperioden var biomassen i reaktorene frisk med lysebrun farge og uten lukt.

Ved SINTEF ble det påpekt at det var vanskelig å oppnå stabil slamretur. Kontroll over slamreturen er viktig for å oppnå drift som har overføringsverdi til forholdene i storskala-anlegg (jfr. NIVA kapittel 4.2).

4.4 Spesielle observasjoner - slamkvalitet

Mikroskopering viste en variert flora uten trådformer og rikelig med protozoer. Det skal imidlertid anmerkes at det ved NIVA ble observert en kraftig nedgang i antall trådformede bakterier etter at temperaturen i aktiv slamreaktoren øket fra ca. 31°C til > 32°C.

I forbindelse med at det viste seg vanskelig å holde returslamstrømmene konstant over tid var det interessant at SINTEF observerte at høy slamalder førte til skumming i reaktor R1, mens det i reaktor R2 ikke ble observert skumming.

SINTEF gjorde innledende forsøk med kontinuerlig pumping av returslam til reaktorene ved bruk av separat peristaltisk pumpe. Det synes mulig å oppnå ønskede returslammengder i begrensede tidsintervaller.

Konklusjonen som SINTEF trekker er at det ved bruk av kraftigere pumpe (og retur-
slamsslange med større diameter enn dagens), vil være mulig å oppnå ønskede retur-
mengder under kontrollerte betingelser. Dette kan oppnås ved å pumpe noen minutter f. eks.
hver time (se kapittel 6).

5. Vurdering av resultater og forslag til videreføring

Resultatene i tabellene 3 – 4 og erfaringene fra SINTEF viser at den store utfordringen knyttet til driften av aktiv slam-anleggene for behandling av konsentrerte avløpsstrømmer er knyttet til vansker med å etablere stabile og lave returslamstrømmer.

Q_{RAS} viste store variasjoner innenfor et område på $2,5 - 10 * Q_{innløp}$. Variasjonene skyldtes i all hovedsak gjentetting av returslangen og at membranpumpen hadde 2 funksjoner i hvert anlegg; - henholdsvis som 1) luftkilde og 2) airlift for slamretur.

Siden laveste registrerte RAS på $2,5 * Q_{innløp}$ fortsatt er høy i forhold til drift i storskala (jfr. Follum) er konklusjonen at:

**Systemet for uttak og transport må frikoples fra system for lufting.
Et alternativ er transport av returslam med en kraftig peristaltisk pumpe.**

Dette prinsippet er testet ved SINTEF (jfr. kapittel 4.4).

Slamalderen varierte noe, men stort sett innenfor et ønsket område på fra 1 til 4 døgn.

Oksygenkonsentrasjonen i slammet lå i perioder over ønsket nivå på 2 mg O/l, men sank periodevis også ned mot og under 0,5 mg O/l. Årsaken til dette er at slamreturen skjer ved bruk av air lift (mamuttpumpe) som henter luften fra samme membranpumpe som oksygenerer aktiv slam-reaktoren.

Aktiv slamfasen bør luftes fra egen membranpumpe.

pH viste stabile verdier i området rundt 7,5.

Rensegraden (målt som nedgang i DOC) lå i området 63 – 77 %, med R2 (laveste hydrauliske belastning) som den mest effektive reaktoren.

Slammet hadde stort sett en fin struktur og gode sedimenteringsegenskaper. I starten ble det observert en del filamentære organismer. Mengden av disse avtok markert med en stigning i temperaturen til $> 32^{\circ}\text{C}$. I hvilken grad det finnes en temperaturgrense som ”regulerer” fremvekst av filamentære mikroorganismer er ikke undersøkt nærmere.

En samlet vurdering basert på resultater og erfaringer frem til 1/10 1998 er at:

- Småskala aktiv slamanleggene bør plasseres i termostatert skap for nøyaktig kontroll av temperaturen i aktiv slamkulturen.
- Tilsetning av avløpsvann skjer direkte fra kjøleskap. Dette gir mulighet for "ubemannet drift" over weekend fordi den lave temperaturen og fravær av lys forhindrer vekst- og lysinduserte kvalitetsendringer i avløpsvannet og at doseringsbeholderne derfor kan gjøres større.
- Ubemannet week end-drift fordrer imidlertid et automatisert (tidsregulert) uttak av overskuddsslam.
- Lufting av aktiv slam skjer gjennom akvariumstein fra separat membranpumpe.
- Slamreturen drives ved intervalldrift av en kraftig peristaltisk Pumpe.

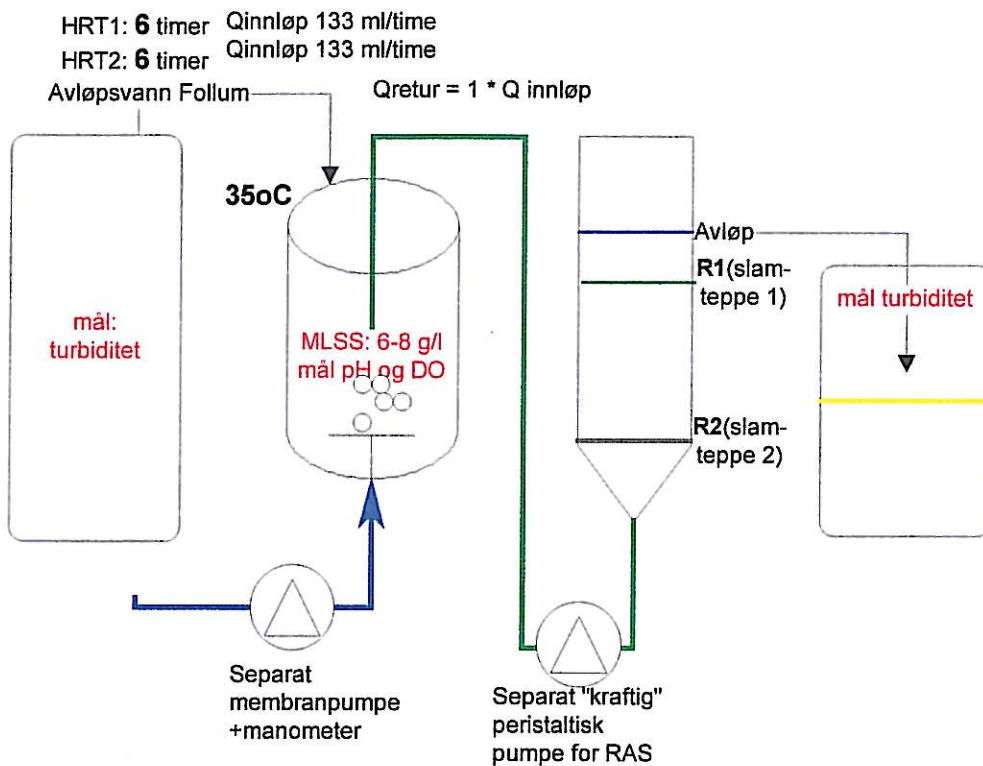
6. Erfaringer fra testforsøk i revidert småskala-anlegg

Ved prosjektmøtet den 21. november 1998 fremkom ønsker om å foreta et testforsøk i småskala aktiv slam-anlegget der målet skulle være å undersøke i hvilken grad endringer i slamutbytter (høyt contra lavt slamteppenivå i ettersedimenteringsenhet) påvirker skummingsbildet i aktiv slam-enheten.

Ut fra erfaringer ved renseanlegget på Norske Skog Follum og visuelle observasjoner fra driften av R1 og R2 ved SINTEF kan det synes som om det foreligger en sammenheng mellom skumming i aktiv slam-anlegget og slammets oppholdstid i ettersedimenteringsbassenget.

Med lave slamutbytter vil oppholdstiden for slammet i ettersedimenteringsbassenget øke. Slammet vil i større grad stresses / påvirkes av lave oksygenkonsentrasjoner og i verste fall anaerobe forhold. Et mulig resultat er celledød med frigivelse av proteiner og svakt synkende pH som resultat. Proteinene vil i sin tur kunne hefte til / stabilisere luftbobler enten direkte eller som protein : lignin-komplekser.

I figur 3 under beskrives forslag til / ønskede driftsforhold i småskala-anleggene i testforsøk gjennomført på SINTEF i ukene 49 – 52. Målet var å registrere eventuelle forskjeller i skummingsbildet i 2 anlegg som ble drevet med henholdsvis høyt og lavt slamteppe i ettersedimenteringsenheten.



Figur 3. Driftsbetingelser i R1 og R2 ved uttesting av betydningen slamoppholdstiden i ettersedimenteringsenhet har for skummingsbildet i aktiv slamanlegget.

6.1 Gjennomføring

Føde til reaktorene skjedde via peristaltisk pumpe (Gilson minipuls 2).

Hver av reaktorene ble utstyrt med

- 1) Separat luftesystem: membranpumpe (Thomas Wisa) m/flowmeter
- 2) Separat system for returslamtransport: peristaltisk pumpe (Watson Marlow 502 S) med diskontinuerlig drift (tilsvarende $1 - 2 * Q_{innløp}$).

Overskuddslam ble manuelt fjernet daglig, først direkte fra reaktor og senere fra ettersedimenteringsenheten.

Tabell 6 under viser driftsforhold i reaktorene.

Tabell 6. Driftskriterier for småskala aktiv slam-anlegg ved behandling av avløpsvann fra Norske Skog Follum.

Driftsparameter	Reaktor 1	Reaktor 2
Temperatur	35°C	35°C
Oppløst oksygen	> 2 mg O/l	> 2 mg O/l
Slammengde	6 – 8 g MLSS/l	6 – 8 g MLSS/l
$Q_{\text{innløp}}$	133 – 200 ml/t	133 – 200 ml/t
HRT	6 – 4 timer	6 – 4 timer
Slamretur (RAS)	1 – 2 * $Q_{\text{innløp}}$ $RAS R1 < RAS R2$	1 – 2 * $Q_{\text{innløp}}$ $RAS R2 > RAS R1$
SRT	2 – 3 døgn	1 – 2 døgn

Anleggene ble innledningsvis (1 uke) drevet med hydraulisk oppholdstid på 6 timer ($Q_{\text{innløp}} = 133$ ml/time). Etter 1 uke ble den hydrauliske oppholdstiden redusert fra 6 til 4 timer i begge anleggene. Hovedmålet med valgte driftskriterier var å sikre en høy oppholdstid for slammet i ettersedimenterings-enheten i reaktor 1.

Slamalder var gjennomgående 1 døgn lavere i reaktor 2.

6.1.1 Driftsoppfølging

Driften av anleggene ble fulgt visuelt og forskjeller i skummingsbildet ble dokumentert ved avfotografering.

Det ble også tatt ut prøver av returslam for analyser av tørrstoff, pH, OD_{430} og mikroskopering.

6.2 Resultater og diskusjon

Tabell 7 og bildene i figur 4 og 5 sammenfatter erfaringene fra forsøkene. Ut i fra visuelle observasjoner og kunnskap om ulike driftskriterier mener vi det er grunnlag for å forsterke arbeidshypotesen nedenfor.

Endringer i returslammets kvalitet som følge av lang oppholdstid i ettersedimenteringsenhet fører til økt skumming i høyt belastede aktiv slam-anlegg.

For å beskrive hva som forårsaker endringen i skummingsbildet i høybelastede aktiv slam-anlegg som behandler aktuelle avløpskvaliteter, foreslås at det gjennomføres oppfølging av driften i storskala-anlegg (jfr. planlagt videreføring av prosjektet hos Norske Skog Follum) og/eller mer inngående forsøk i småskala, der driften stabiliseres og driftsparametere varieres innenfor lengre tidsperioder enn det som var mulig å få til i testene før jul. Det er viktig å etablere stabile driftsforhold, bl.a. med hensyn til slammengder, hydrauliske belastninger, stoffbelastninger, returslammengder og slamalder før forsøkene gjennomføres og sikre konklusjoner kan trekkes.

Tabell 7. Driftsforhold og skummingsbilde i reaktor 1 og 2 ved ulike HRT

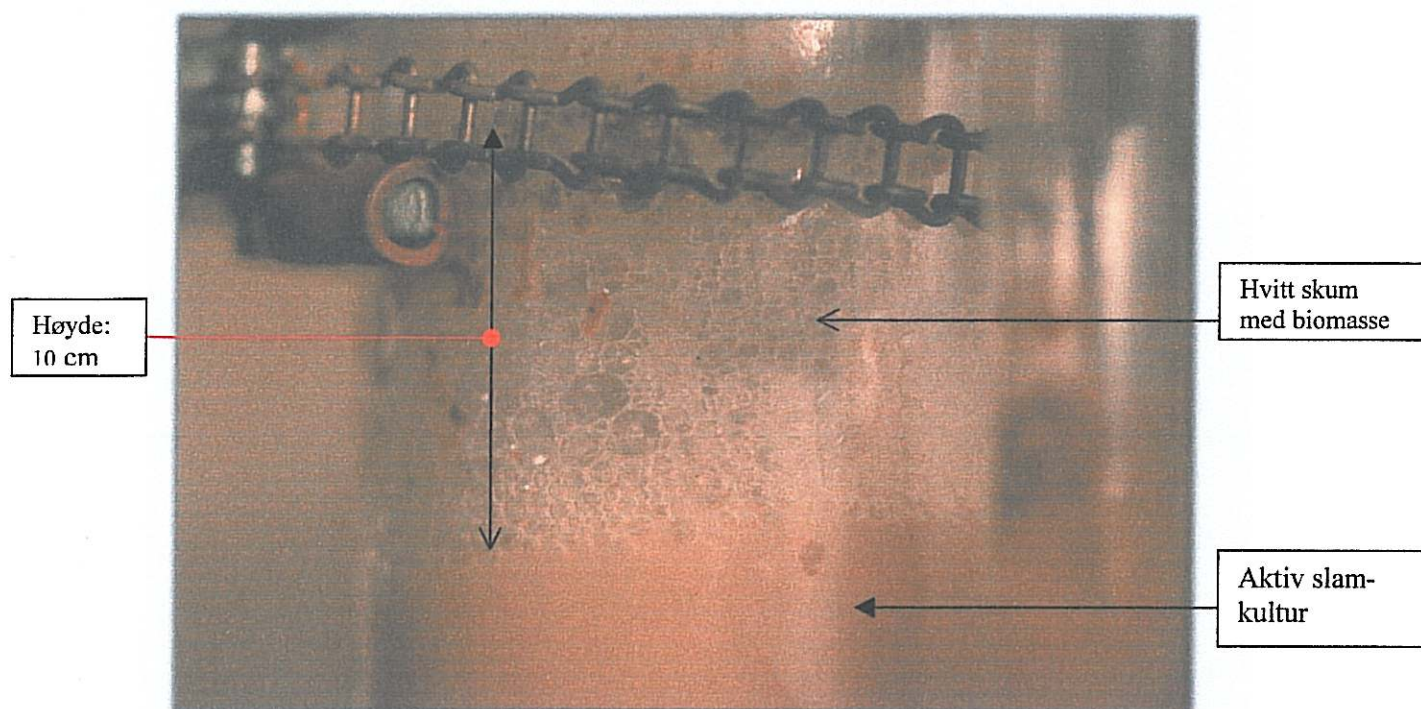
Driftsparameter	Reaktor 1	Reaktor 2
Temperatur	35°C	35°C
Oppløst oksygen ¹	> 1 mg O/l	> 1 mg O/l
Slammengde ²	5 – 8 g MLSS/l	5 – 8 g MLSS/l
Slamnivå	Høyt Fribord: 1- 5 cm	Lavt
Skum-dannelse	Sterk skumming ² Skumnivå: > 10cm	Moderat skumming Skumnivå: 1-2 cm
Turbiditet i avløp ³	0,32 – 0,65	0,27 – 0,53

¹ DO-konsentrasjoner ned mot 1 mg O/l i korte perioder, spesielt i forbindelse med slamretur. Normalt > 2 mg O/l

² Slammengden varierte mest i starten av forsøket (slamuttak i reaktor)

³ Skumming oppsto etter at HRT ble satt til 4 timer

⁴ Målt som nedgang i lysabsorbans ved 430nm (OD₄₃₀)



Figur 4. Bildet viser skumlag i reaktor med høyt slamteppe (Reaktor 1).

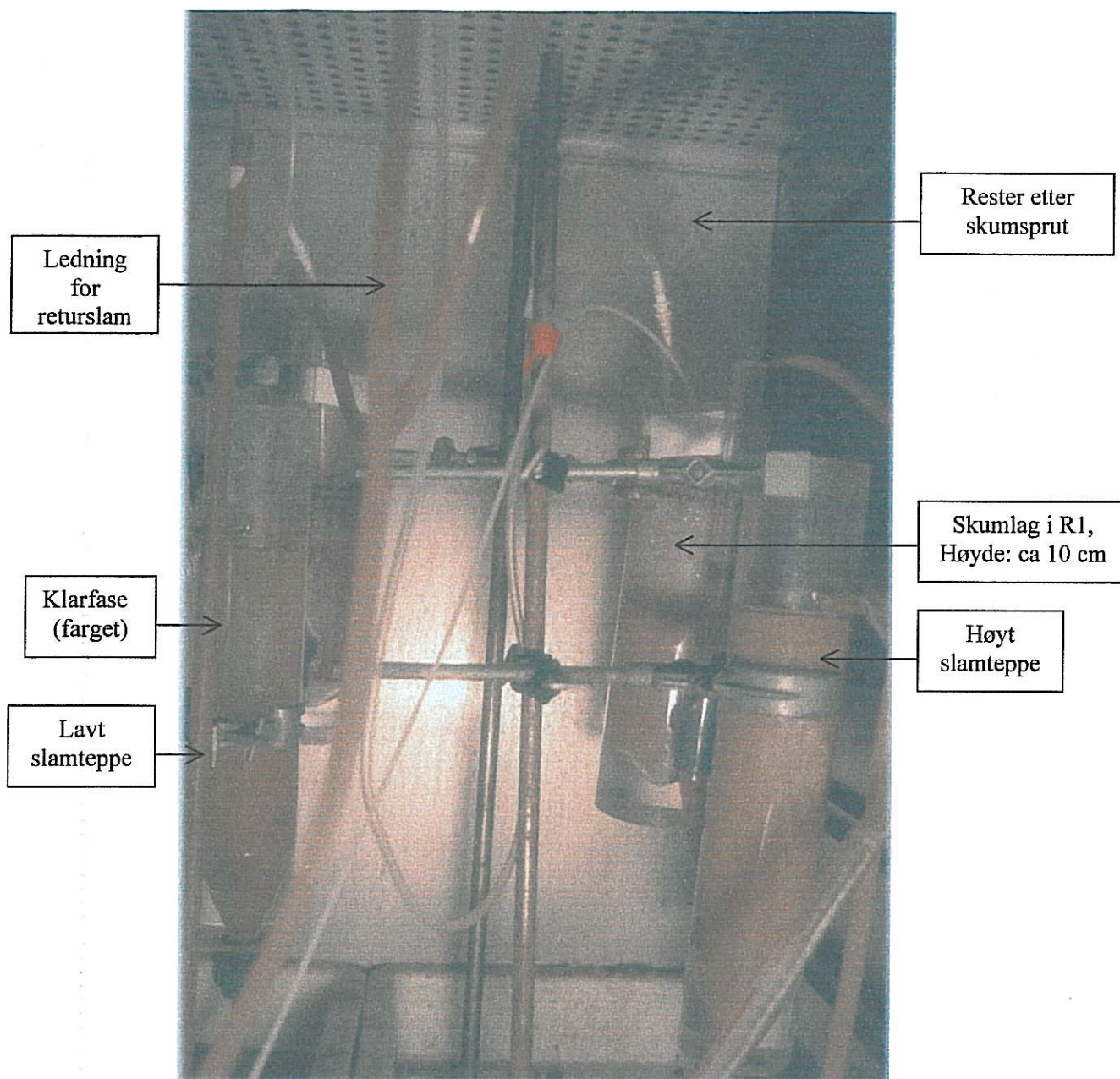
Figur 4 viser dannelse av et hvitt skum i reaktor 1.

Det ble ikke observert vesentlige mengder med filamentære bakterier (mikroorganismer) i anlegget og en forklaring på dannelse av "hvitt skum" kan være kjemiske endringer som forårsakes av økning i slammets oppholdstid i ettersedimenteringsenheten.

Bildet i figur 5 viser forskjeller i skummingsbildet mellom de to reaktorene under drift med 4 timer HRT. Mens skumhøyden i reaktor 1 er ca. 10 cm på bildet er skumhøyden et par cm. i reaktor 2.

Det legges for øvrig merke til at avløpet ut av behandlingsanleggene ("overvannet") er relativt klart.

Slamfargen i ettersedimenteringsenhetene er overraskende lys i begge systemer.



Figur 5. Bildet viser forskjellige skumbilder i reaktor med høyt slamteppe i etter-sedimenteringsenhet (Reaktor 1) og reaktor med lavt slamteppe (Reaktor 2). Skumnivået i reaktor 1 er ca. 10 cm, mens tilsvarende i reaktor 2 er snaue 2 cm.