

Forsøk med mekanisk-kjemisk og biologisk-kjemisk rensing for det interkommunale rensesanlegget i Hamar

Av Peter Balmér, Ole Morten Grini og Egil Murland

Peter Balmér og Ole Morten Grini¹⁾, Norsk institutt for vannforskning, og Egil Murland, Østlandskonsult A/S.

Det planlagte interkommunale klockrenseanlegg for Hamar-regionen er et samarbeidsprosjekt mellom kommunene Hamar, Løten, Ringsaker, Stange og Vang. Anlegget skal være fullt utbygd for mekanisk-kjemisk rensing innen 31. desember 1977. Dimensjonerende belastning er 62 000 personekvivalenter. Anlegget skal senere kunne utvides til biologisk-kjemisk rensing. Det rensede avløpsvannet vil bli ledet ut i Mjøsa.

Samarbeidskomitéen for det interkommunale rensesanlegg ba via sin konsulent, Østlandskonsult A/S, Norsk institutt for vannforskning (NIVA) om å utføre rensetekniske forsøk.

Hensikten med forsøksdriften skulle være å skaffe til veie informasjonen om hvilke renseseffekter som kan oppnås med mekanisk-kjemisk rensing (s.k. sekundærfelling) og med biologisk-kjemisk rensing (s.k. etterfelling) ved bruk av ulike fellingskjemikalier.

Så langt som mulig skulle man også prøve å få informasjon som vil være av verdi ved prosjekteringen av

renseanlegget (valg av fellingskjemikalier, kjemikalieforbruk, slamproduksjon etc.).

Beskrivelse av forsøksanlegget.

Forsøksanlegget var plassert på Tyvholmen i Hamar, like ved utløpsledningen fra Hamar sentrum og Hamar Vest.

Forsøksanlegget var prosjektert av Østlandskonsult A/S i samarbeid med NIVA. Figur 1 gir en skjematisk framstilling av forsøksanleggets oppbygging og den normale vannveien gjennom anlegget når dette drives som et biologisk-kjemisk anlegg (etterfellingsanlegg).

Anlegget består av følgende hovedkomponenter:

- To tanker for lagring av h.h.v. tilkjørt avløpsvann (se avsn. «Avløpsvann») og avløpsvann pumpet fra hovedutløpsledningen.
- Rister for fjerning av større partikler, filler o.l.
- Overløpskasse med regulerbare V-overløp. Her kan de to avløpsvanntypene blandes i et ønsket forhold.

1) Nåværende adresse: A/S Viak,

- Luftetank. Her blandes avløpsvannet med en bakteriekultur, kalt aktivt slam. Luft blåses inn i blandingen, og bakteriene i slamm bryter ned det organiske materiale i avløpsvannet til kulldioksyd og vann. Nedbrytningsprosessen er avhengig av tilgang på oksygen som skaffes ved innblåsing av luft. Denne blåses inn som fine bobler langs luftetankens ene langside. Luftinnblåsing tjener også til å holde det biologiske slamm i suspensjon.
- Sedimenteringstank for avskilling av aktivt slam (mellomsedimentering). Tilførselen av aktivt slam skjer sentralt via en sylinder. Sylinderen er teleskopisk slik at en kan regulere utslippsdybden i sedimenteringstanken. Ved en oppadrettet vertikal strømming skilles så slamm fra vannet, og det rensede vann ledes via overløpsrenner videre til flokkuleringsenheten mens slamm sedimenterer. Det sedimenterte slam skal pumpes kontinuerlig i retur til luftetanken (returslam).
- Flokkuleringsenhet. Denne består av et miksekammer hvor kjemikalier blandes med avløpsvannet ved hurtigomrøring, og tre flokkuleringskamre hvor det bygges opp fnokker under langsom omrøring.
- Sedimenteringstank for avskilling av fnokker fra kjemisk felling (sluttsedimentering). Sluttsedimenteringstanken er av samme type som mellomsedimenteringstanken. Fnokkene sedimenterer og danner slam på bunnen av

tanken mens det rensede vannet via overløpsrenner ledes til utløp.

- Slamtanker. Ved nedbrytningen av det organiske materiale i avløpsvannet dannes nytt aktivt slam. Slam må derfor regelmessig avtappes. Ved uttappingen ble slamm samlet i en slamtank for volummåling, prøvetaking og eventuelle forsøk. Det fins en tilsvarende tank for tapping av kjemisk slam fra sluttsedimenteringstanken.
- Kjemikalietank. Herfra ble kjemikaliløsningen dosert med membranpumpe til flokkuleringsenheten.

Med drift som mekanisk-kjemisk anlegg var luftetanken og mellom-sedimenteringstanken ikke i drift. Avløpsvannet gikk m.a.o. direkte fra overløpskassen til flokkuleringsenheten.

I tabell 1 er det gitt de viktigste tekniske data for hovedkomponentene i anlegget.

Avløpsvann.

Det framtidige renseanlegg vil motta avløpsvann fra 5 kommuner. Avløpsvannet er i dag ikke samlet. For å, så langt som mulig, få et representativt avløpsvann for forsøkene, ble det utført undersøkelser av avløpsvannets sammensetning på 9 punkter i avløpsnettet.

På basis av analyseresultater, konsulentenes opplysninger og praktiske begrensninger, ble det bestemt at forsøkene skulle utføres med en avløpsvannblanding bestående av:

Tabell 1. *Tekniske data for forsøksanlegget.*

<i>Anleggsdel</i>	<i>Volum m³</i>	<i>Diameter m</i>	<i>Netto overflate m²</i>
Lagringstank	12		
Luftetank	2,55		
Sedimenteringstank, biologisk trinn	3,0		1,3
Miksekammer	0,050		
Flokkuleringskammer	3.0,125		
Sedimenteringstank, kjemisk trinn	3,5		1,4
Slamtank	0,135	0,4	

- 50 % fra hovedledning for Hamar sentrum og Hamar Vest
- 17 % fra Briskebyen, Hamar
- 11 % fra Strandveien, Åker
- 22 % fra Kjonerud, Stange.

Fra de tre sistnevnte stedene er det blitt tilkjørt avløpsvann til den ene lagringstanken to ganger pr. dag — om morgenen (kl. 08) og om ettermiddagen (kl. 15) — med tankbil.

Blanding fra tankbilen utgjorde 50 % av avløpsvannmengden inn på forsøksanlegget ved dagbelastningen. Avløpsvann fra hovedledningen fra Hamar sentrum og Hamar Vest ble tilført den andre lagringstanken ved vippestyring fra denne. Vippene var innstilt slik at pumpen slo inn med korte mellomrom. Dermed ville konsentrasjonsvariasjonen i avløpsvannet fra lagringstanken svare noenlunde til variasjonen i hovedledningen. De to avløpsvannstypene ble etter overløpskassen blandet i forholdet 1 : 1.

Om natten ble anlegget kjørt bare

med avløpsvann fra hovedledningen (halv hydraulisk belastning), likeså ble det i helgene ikke tilkjørt vann. Den hydrauliske belastning på anlegget ble holdt under kontroll gjennom hyppige målinger og justeringer av vannføringen.

Prøvetaking.

Prøvetaking på inngående og utgående vann og ved biologisk-kjemisk rensing i tillegg også biologisk rensert vann, ble utført med automatiske prøvetakere. (Fride Høglund VP-10.)

Prøvetakerne slo inn hvert minutt ved dagbelastning og hvert annet minutt ved nattbelastning, dvs. proporsjonal prøvetaking. Prøvetaking av slam ble utført i slamtankene. Det ble registrert hvor stort slamvolum som til enhver tid ble tappet både av biologisk overskuddslam og av kjemisk slam. Samtidig ble det tatt prøver av slammet for analyse-ring.

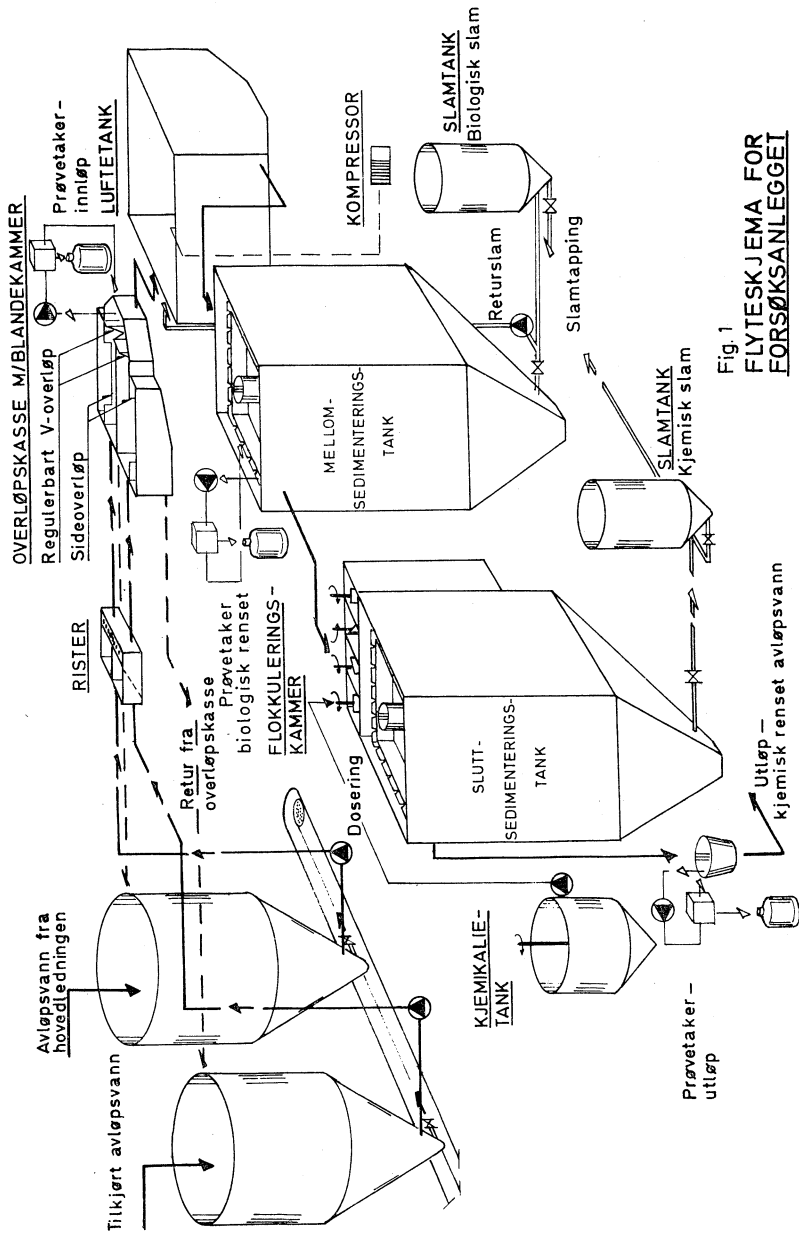


Fig. 1
 FLYTESKJEMA FOR
 FORSØKSANLEGGET

Analysar.

pH, alkalitet, ortofosfat, suspensert stoff og tørrstoff ble analysert umiddelbart på Hamar. Prøver for biokjemisk oksygenforbruk ble dypfrosset og prøver for kjemisk oksygenforbruk, totalfosfor, aluminium, jern og kalsium ble konserverte og analysert på NIVA's laboratorium i Oslo.

Alle analyser ble utført i henhold til NIVA's analysemetoder.

Dosering av kjemikalier.

Aluminiumsulfat (Boliden AVR) ble dosert som 10 % løsnig og hydratkalk (Steens kalkbrenneri, Hamar) som 5 % slurry. Jern(III)klorid (Bohus Eka) ble fortynt 1:1 og dosert med peristaltisk pumpe (Multifix). Både aluminiumsulfat og kalk ble tilsatt med membrandoseringspumpe (Prominent). Jern(II) sulfat (Kronos Titan A/S) ble dosert som 15 % løsnig og dosert med peristaltisk pumpe (Multifix).

Forsøk.

Forsøksprogrammet har vært delt i to perioder. I den første perioden ble sekundærfelling utført, i den andre forsøk med etterfelling. En sammenstilling av de utførte forsøk fins i tabell 2.

Ved hver forsøksserie var det en innkjøringsperiode på 2—7 døgn før prøvedriften startet.

Resultater.

Den hydrauliske belastningen varierte ubetydelig ved forsøkene. Avvikelsen fra de i tabell 3 angitte gjennomsnittstallene var mindre enn 5 %.

De kjemikaliedoseringer som er benyttet ved forsøkene, er sammenfattet i tabell 4.

Resultatene fra forsøkene med mekanisk-kjemisk rensing er sammenfattet i figur 2—5.

Ved forsøkene med jern(III)klorid alene ble prøver tatt kun to døgn fordi de doseringer som en ble nødt til å bruke, var urealistisk høye. I

Tabell 2. Sammenstilling av utførte forsøk.

Fellingsmiddel	Sekundærfelling		Etterfelling	
	Tidsrom	Antall prøvedøgn	Tidsrom	Antall prøvedøgn
Aluminiumsulfat	7—16/9 -73	9	21—27/1 -74	6
	4—7/12-73	3		6
Kalk	4—12/11-73	8	30/1—6/2 -74	
Jern(III)klorid	25—27/10-73	2	—	
Jern(III)klorid + kalk	29/10— 4/11-73	6	—	
Jern(II)sulfat + kalk	16—23/11-73	7	10—17/2 -74	7

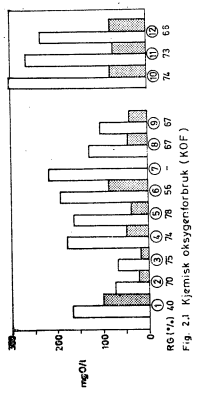


Fig. 2.1. Kjemisk oksygenforbruk (KOF)

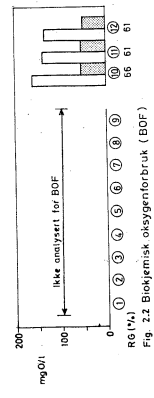


Fig. 2.2. Blokjemisk oksygenforbruk (BOF)

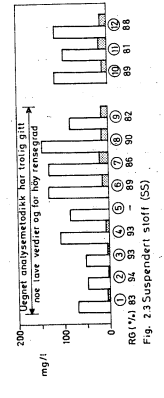


Fig. 2.3. Suspensert stoff (SS)

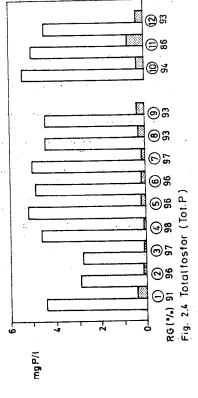


Fig. 2.4. Total fosfor (Tot.P)

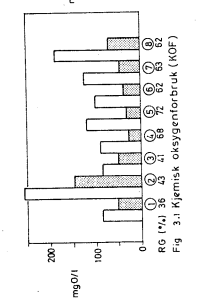


Fig. 3.1. Kjemisk oksygenforbruk (KOF)

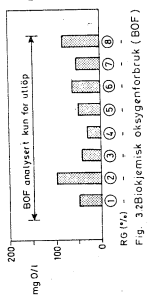


Fig. 3.2. Blokjemisk oksygenforbruk (BOF)

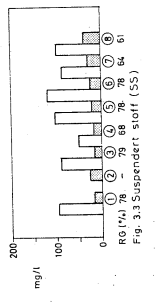


Fig. 3.3. Suspensert stoff (SS)

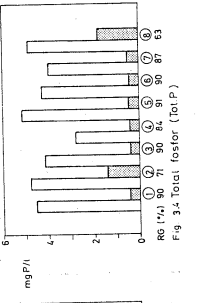


Fig. 3.4. Total fosfor (Tot.P)

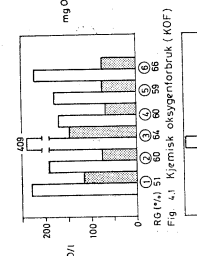


Fig. 4.1. Kjemisk oksygenforbruk (KOF)

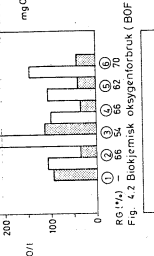


Fig. 4.2. Blokjemisk oksygenforbruk (BOF)

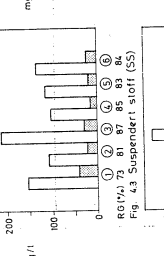


Fig. 4.3. Suspensert stoff (SS)

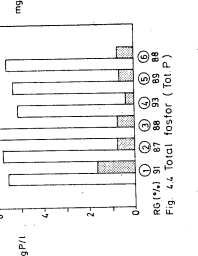


Fig. 4.4. Total fosfor (Tot.P)

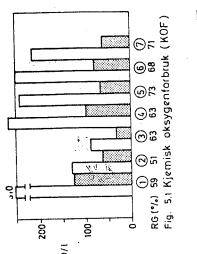


Fig. 5.1. Kjemisk oksygenforbruk (KOF)

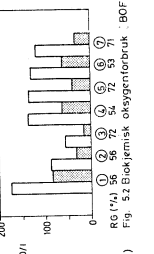


Fig. 5.2. Blokjemisk oksygenforbruk (BOF)

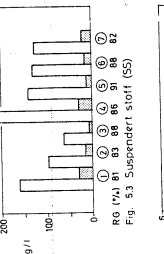


Fig. 5.3. Suspensert stoff (SS)

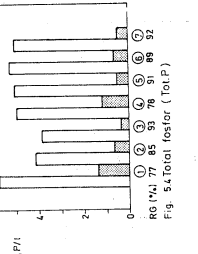


Fig. 5.4. Total fosfor (Tot.P)

Leggskjelling:
 Diagonal-linje utslipp
 Horisontal-linje nr. 1
 RG Rensetgrad

Figur 2—5. Kjemisk oksygenforbruk, blokjemisk oksygenforbruk, suspensert stoff og totalfosfor i innløpsvann og kjemisk renset vann ved sekundærfelling med ulike kjemikalier.

Tabell 3. *Sammenstilling av gjennomsnittlige hydrauliske data for fellingsforsøkene.*

		<i>Dagbelastning</i>	<i>Nattbelastning</i>
Hydraulisk belastning	m ³ /h	1,08	0,54
Oppholdstid, luftetank	h	2,4	4,7
Oppholdstid, mellom-sedimenteringstank	h	2,8	5,6
Overflatebelastning mellom-sedimenteringstank	m/h	0,82	0,42
Oppholdstid, flokkuleringstank	h	0,35	0,70
Oppholdstid, slutt-sedimenteringstank	h	3,3	6,5
Overflatebelastning, slutt-sedimenteringstank	m/h	0,77	0,38

prøvedøgnene var reduksjonen av totalfosfor 90 respektive 68 %, av kjemisk oksygenforbruk 76, respektive 62 % og av suspendert stoff 89 respektive 54 %.

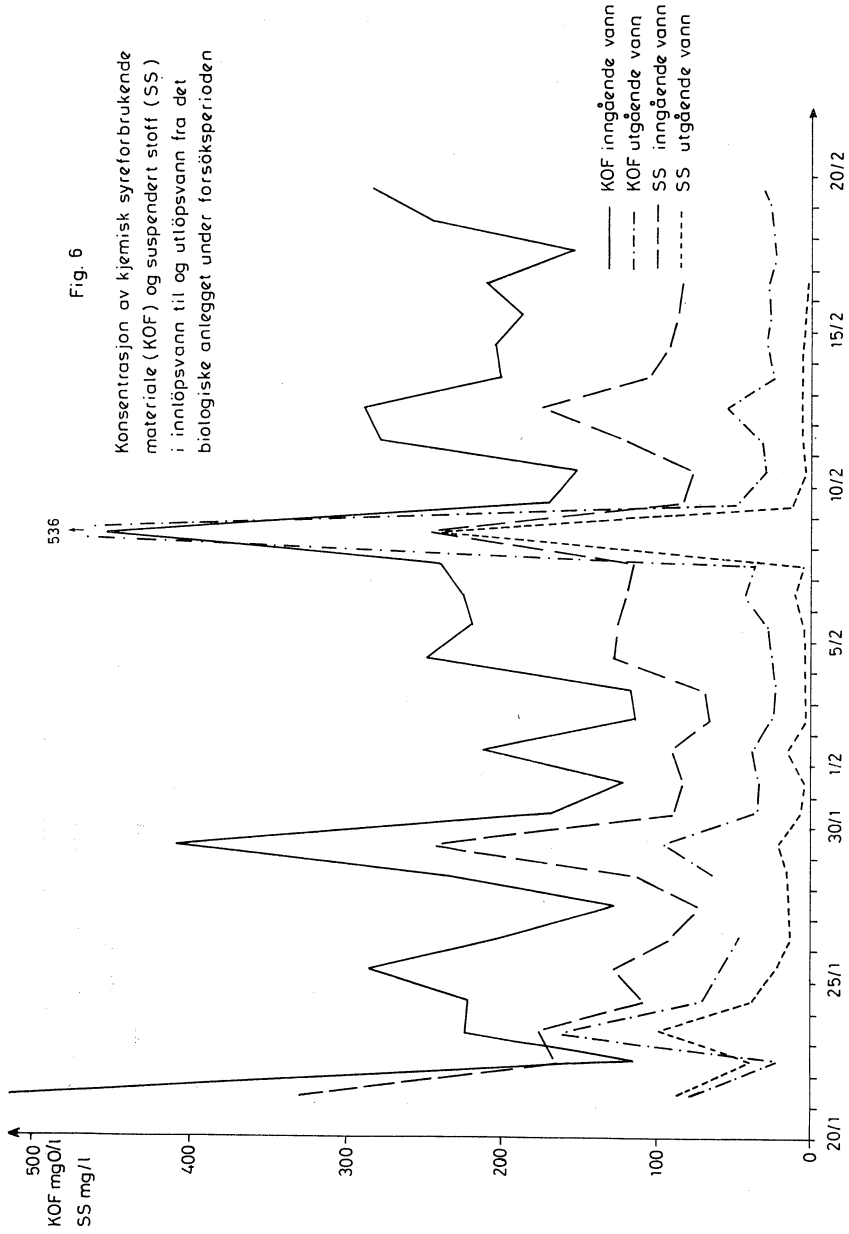
Forsøkene med biologisk-kjemisk rensing startet den 21.1-74 etter at det biologiske trinnet hadde blitt kjørt inn under en tre ukers periode. Fram til forsøksdriftens slutt, den 20.2-74, ble det hver dag tatt døgnprøver på vann til og fra det biologiske renseanlegget. I de perioder det ble gjort forsøk med etterfelling, ble det normale analyseprogrammet fulgt. I tidsrommet mellom fellingsforsøkene ble døgnprøvene analysert på suspendert stoff og kjemisk oksygenforbruk. Under hele driftsperioden ble mengden av tappet biologisk overskuddsslam registrert og prøver tatt for tørrstoffbestemmelse. Det ble i hele perioden tatt stikkprøver for måling av slamkonsentrasjonen i

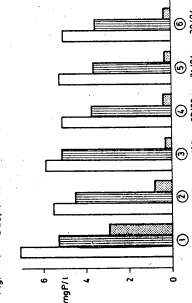
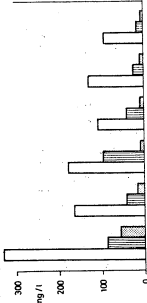
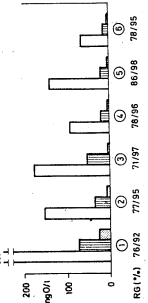
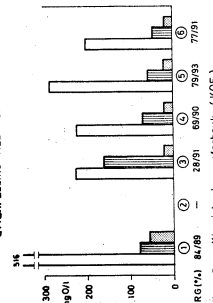
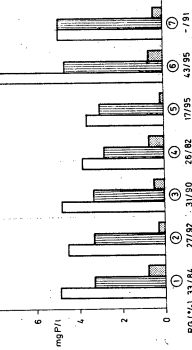
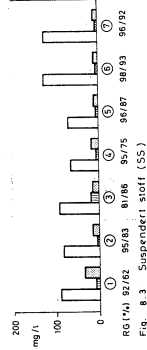
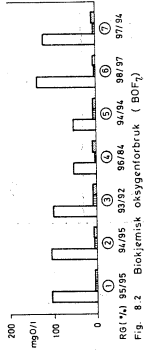
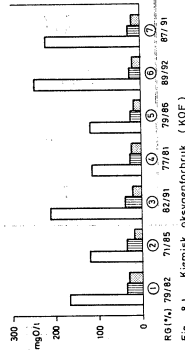
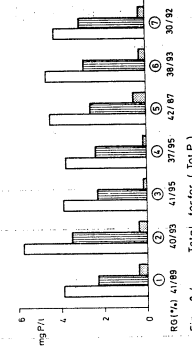
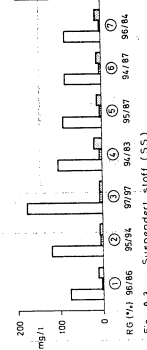
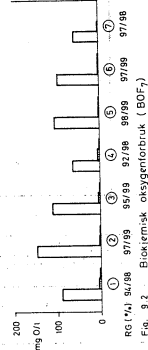
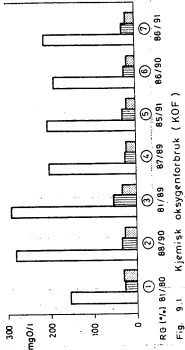
luftetanken. Returslumpumpingen ble regelmessig målt, og samtidig ble det tatt ut en prøve av slammet for analyse av slamkonsentrasjonen. Returslumpumpingen var konstant 0,6 m³/h i hele driftsperioden. Temperaturen ved forsøkene var 6—8 °C.

Konsentrasjoner i inngående og utgående avløpsvann av suspendert stoff og kjemisk oksygenforbruk i hele driftsperioden, framgår av figur 6. Biokjemisk oksygenforbruk er bare analysert i samband med etterfelling. Resultater framgår av figurene 7.2, 8.2 og 9.2.

Ved alle forsøksserier er slamproduksjonen målt. Resultatene er sammenfattet i tabell 5.

Med det kjemiske slam ble det utført enkle fortykkingsforsøk i den tidligere beskrevne slamtanken (se figur 1). Tanken er sirkulær med indre diameter 40 cm og netto volum 135 liter. Effektiv høyde er 114 cm.





□ Dagvisvise innløp
 ▨ biologisk rensert
 ▩ bio-kjem. rensert
 ○ RG Rensegrad (bio/bio+kjem. + kjem.)

Figur 7—8. Kjemisk oksygenforbruk, biokjemisk oksygenforbruk, suspensert stoff og totalfosfor i innløpsvann, biologisk rensert vann og totalfosfor i etterfelling med ulike kjemikalier.

Tabell 5. Målt slamproduksjon ved sekundærfelling og etterfelling.

Fellingsmiddel	Sekundærfelling			
	Al-sulfat	Kalk	Fe(III)+kalk	Fe(II)+kalk
Slammengde kg TS/d	4,2	9,1	4,4	5,4
Slammengde g TS/m ³				
Avløpsvann	211	466	226	276
Tørrestoffkonsentrasjon, %	1,3	3,8	1,5	1,9
Antall døgn data er basert på	8	8	6	8

Fellingsmiddel	Etterfelling			
	Biol slam	Kalk	Al-sulfat	Fe(II)+kalk
Slammengde kg TS/d	1,6	6,5	1,7	2,7
Slammengde g TS/m ³				
Avløpsvann	82	348	90	148
Tørrestoffkonsentrasjon, %	1,1	4,2	0,85	1,5
Antall døgn data er basert på	27	7	6	7

Ved forsøkene fikk slammet sedimentere i slamtanken i ca. ett døgn. Tappingen til tanken foregikk så raskt at turbulensen ved oppfyllingen av tanken var tilstrekkelig til å oppnå god blanding av slammet. Ved forsøkets begynnelse ble det tatt ut en prøve av slammet, og tørrestoffinnholdet ble målt. Ved forsøkets slutt ble ca. 10 liter slam tappet fra bunn av tanken og tørrestoffinnholdet målt for det fortykkede slammet i bunnen av tanken. Resultatene er vist i tabell 6.

Vurderingen av resultatene.

Ett av de vanskeligste problemene ved forsøk i pilot-plant målestokk er at avløpsvannets sammensetning varierer. Ved Hamar-forsøkene har variasjonene vært forholdsvis små; den gjennomsnittlige totalfosfor-konsentrasjon har variert mellom 4,3—5,6 mg P/l i de ulike serier, og alkaliteten har variert mellom 2,6 og 2,9 mekv/l. Konsentrasjon av organisk materiale, målt som KOF, har variert kraftigere, fra 133 til 290 mg O/l. Forutsetningene for å sammenligne

Tabell 6. Oppnådd fortykking etter ca. ett døgn for kjemisk slam fra sekundærfelling og etterfelling.

Slamtype	Kjemisk slam fra sekundærfelling			Kjemisk slam fra etterfelling		
	% TS ved start	Varighet h	% TS ved slutt	% TS ved start	Varighet h	% TS ved slutt
Al-felt	1,4	21,5	1,8	0,9	23	1,5
Al-felt	1,0	21	1,4	1,0	21,5	1,7
Al-felt	—	—	—	1,0	21,5	1,5
Kalk-felt	5,5	22	10,2	6,0	23	11,7
Kalk-felt	—	—	—	7,0	24	13,8
Jern(III) + kalkfelt	0,82	22,5	1,2	—	—	—
Jern(II) + kalkfelt	1,7	24	2,8	1,6	23	2,3
Jern(II) + kalkfelt	—	—	—	1,7	24	2,5

resultater må sies å være så god som det er mulig å forvente.

Ved den lange oppholdstiden avløpsvannet hadde i mottakingstanken, tilsvarer det avløpsvann som ble tilført forsøksanlegget nærmest mekanisk rensed avløpsvann. De registrerte renseeffekter er derfor noe lavere enn hva en ville ha fått om råkloakk var blitt tilført.

Renseeffektene har ved mekanisk-kjemisk rensing (sekundærfelling) vært gode, spesielt med aluminiumsulfat som fellingsmiddel, med totalfosfor-konsentrasjoner i utløpsvannet på 0,1—0,3 mg P/l. Reduksjonen av organisk stoff har vært 65—75 %. Med de andre fellingskjemikalierne har det vært mulig å oppnå renseeffekter på 85—90 % m.h.p. totalfosfor og 60—70 % m.h.p. organisk stoff. Reduksjonen av organisk stoff

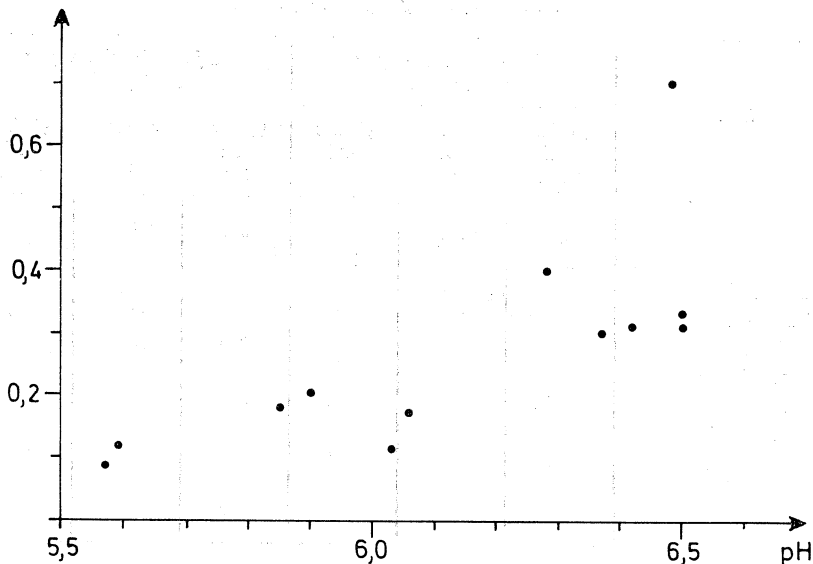
synes dog å bli noe lavere når kalk brukes som fellingsmiddel. Materialet er for lite for å dra noen sikre konklusjoner, men samme tendens er iaktatt ved forsøk på Kjeller (Balmér og Fredriksen 1974).

Ved sekundærfelling med aluminiumsulfat synes det som om restkonsentrasjonen av fosfor er avhengig av fellings-pH (se figur 10). Nødvendig kjemikaliedosering blir da bestemt av hva som trengs for å få ned pH-verdien til ønsket nivå.

Ved bruk av jern(III)klorid som fellingsmiddel, var en nødt til å dosere så mye at fellings-pH var 5,7 eller lavere. Ved disse pH-verdier er avløpsvannets bufferkapasitet meget liten, og det blir derfor meget vanskelig å oppnå stabil drift.

Ved sekundærfelling med kalk synes det som nødvendig doserings-

Total fosfor, mg P/l



Figur 10. Totalfosfor i utløpsvann ved sekundærfelling med aluminiumsulfat som funksjon av fellings-pH.

mengde var bestemt av hva som trengtes for å høyne pH-verdien til 11,3 eller høyere.

Sammenlignes de to alternativer jern(III)klorid + kalk og jern(II)sulfat + kalk, så synes det ikke som om den dyrere jern(III)klorid skulle by på noen fordeler, snarere synes jern(II)sulfat + kalk å gi noe bedre resultat. Stabiliteten på driften ved felling med jernsalter + kalk var dårligere enn ved felling med aluminiumsulfat.

Ved forsøkene med biologisk-kjemisk (etterfelling) rensing, virket det biologiske rensetrinnet meget godt med unntak av de første dagene i

serien med aluminiumsulfatfelling. Høy konsentrasjon og septiske forhold i det tilkjørte vann var her trolig årsak til slamflukt. Slamflukt inntraff også ved senere tilfeller, men dette var årsaket av for lite uttak av overskuddsslam. Også ved de tilfeller som det biologiske trinnet ikke virket helt tilfredsstillende, var dog resultatene etter at vanet var passert etterfellingene meget gode.

Ved forsøkene med etterfelling ble jern(III)klorid ikke benyttet fordi forsøkene med mekanisk-kjemisk rensing indikerte at denne kjemikalie ikke var konkurransedyktig.

Med samtlige undersøkte fellings-kjemikalier har en oppnådd gode re-

Tabell 7. Sammenligning av renseeffekter ved sekundærfelling og etterfelling.
Utløpskonsentrasjon og reduksjon.

	KOF		BOF ₇		Totalfosfor		Suspendert stoff	
	mg O/l	% red	mg O/l	% red	mg P/l	% red	mg/l	% red
Al-sulfat:								
Sekundærfelling	20—80	65—75	53—56	60—65	0,1—0,3	90—98	5—20	80—95
Etterfelling	19—23	90—95	3—8	95—98	0,3—0,4	90—95	5—15	90—95
Kalk:								
Sekundærfelling	20—80	40—70	40—70	—	0,4—0,5	85—90	15—30	60—80
Etterfelling	16—22	82—92	3—8	95—97	0,2—0,5	90—95	10—15	83—93
Fe(II) + kalk:								
Sekundærfelling	40—100	60—70	30—60	50—70	0,3—0,6	85—90	15—30	80—85
Etterfelling	20—30	89—91	1—2	98—99	0,3—0,4	92—95	10—15	85—95

sultater, dvs. en reduksjon av totalfosfor på 90 % eller mer, og en reduksjon av organisk stoff målt som biokjemisk oksygenforbruk på 95 % eller mer.

I tabell 7 er det for sammenligning gjort en sammenstilling av utløpskonsentrasjoner og renseeffekter for de tre mest aktuelle fellingskjemikalier.

Tabell 7 viser at etterfelling først og fremst betyr en forbedret rensing med hensyn på organisk materiale i forhold til sekundærfelling. Reduksjonen av fosfor ble tilnærmet den samme ved etterfelling som ved sekundærfelling.

Det en tydelig har kunnet merke seg ved forsøkene, er imidlertid at det har vært lettere å oppnå gode rensresultater ved etterfelling enn ved sekundærfelling. Den utjevning av variasjoner i avløpsvannets sammensetning og den rensing som skjer i det biologiske trinnet, synes å med-

føre at fellingsbetingelsene ikke trenger å kontrolleres like nøye ved etterfelling som ved sekundærfelling. Tydeligst merket en dette ved forsøkene med jern(II)sulfat og kalk som fellingsmiddel. Ved sekundærfelling fikk en her sterkt varierende renseeffekter, mens en ved etterfelling hele tiden kunne opprettholde en høy renseeffekt.

Fra forsøksresultatene og de erfaringer som ble gjort i innkjøringsperiodene, er nødvendig kjemikaliedosering vurdert. Sammenstilling fins i tabell 8.

Av tabell 8 fremgår at det ved etterfelling trengs vesentlig mindre dosering av fellingskjemikalier enn ved sekundærfelling.

Lavere kjemikaliedoseringer medfører også lavere produksjon av kjemisk slam. Ved etterfelling tilkommer i gjengjeld det biologiske slammet. I tabell 9 er slamproduksjonen ved sekundærfelling sammenstilt.

Tabell 8. Nødvendig kjemikaliedosering ved sekundærfelling og etterfelling.

<i>Fellingsmiddel</i>	<i>Sekundærfelling</i>	<i>Etterfelling</i>
Aluminiumsulfat, g/m ³ teknisk vare	190	130
Hydratkalk, g/m ³ , teknisk vare	470	325
Jern(III)klorid, g Fe/m ³	39	
Hydratkalk, g/m ³ , teknisk vare	125	
Jern(II)sulfat, g Fe/m ³	43	30
Hydratkalk g/m ³ , teknisk vare	130	120

Ved forsøkene med sekundærfelling varierte innholdet av suspendert stoff i innløpsvannet. I gjennomsnitt var det imidlertid likt, 116 mg/l i både sekundær- og etterfellingsperioden. I perioden med etterfelling opptrådte enkelte døgn slamflukt. Utløpsvannet inneholdt ulike mengder suspendert stoff i de ulike forsøksserier.

For å kunne få sammenlignbare tall på slamproduksjon, er det ved beregning av verdiene i tabell 9 gjort følgende forutsetninger:

— Innløpsvannets innhold av suspendert stoff er 116 mg/l.

— Utløpsvannet fra det biologiske trinnet inneholder 20 mg/l suspendert stoff.

— Utløpsvannet for fellingstrinnet inneholder 15 mg/l suspendert stoff.

Til tallene i tabell 9 skal legges slamproduksjonen i det mekaniske rensetrinnet. Denne er ikke målt, men ligger erfaringsmessig i området 100—150 g/m³.

Tallene i tabell 9 er basert på de ved forsøkene benyttede doseringer. Disse er noen døgn høyere enn nød-

Tabell 9. Slamproduksjon ved sekundærfelling og etterfelling.

<i>Fellingskjemikalie</i>	<i>Slamproduksjon i g/m³</i>		
	<i>Sekundærfelling</i>	<i>Etterfelling</i>	
		<i>Kjemisk trinn</i>	<i>Biol. trinn</i>
Aluminiumsulfat	227	87	61 = 148
Kalk	497	87	362 = 449
Jern(III)klorid + kalk	212		
Jern(II)sulfat + kalk	260	87	159 = 246

vendig, og av denne grunn er de angitte produksjoner noe for høye.

Verdiene i tabell 9 indikerer at slamproduksjonen ved sekundærfelling er noe høyere enn ved etterfelling. Dette står i motsetning til hva som tidligere er oppgitt av Balmér og Eikum (1972), Eikum (1973) og av Paulsrud (1973). At en kan få lavere slamproduksjon ved etterfelling enn ved sekundærfelling tross den høyere rensegraden, er dog fullt tenkbart med tanke på at en ved etterfelling dels ofte har lavere kjemikaliedosering og dels bryter med en del av det organiske materialet i det biologiske trinnet.

Ved en økonomisk vurdering av konsekvensene av de ulike mengder slam en får med ulike fellingskjemikalier, kan en ikke bare ta hensyn til tørrstoffmengder. En må også vurdere hvor godt slammet lar seg fortykke (tabell 6) og en må også vite polymerbehovet ved avvanning og til hvilket endelig volum slammet lar seg avvanne. Sistnevnte forhold er vanskelig å vurdere ved forsøk i liten målestokk.

Ved valg av fellingskjemikaliene må hensyn tas til en rekke faktorer, bl.a.:

- Rensegrad.
- Driftsstabilitet.
- Nødvendig kjemikaliedosering.
- Kjemikaliepris ved rensaneanlegget.
- Mulighet til å erstatte noe av kjemikaliene med syre (aktuelt i første rekke ved bruk av aluminiumsulfat og jern(III)klorid.
- Mulighet til å bruke ulesket kalk (aktuelt ved felling med kalk og ved felling med jernsalter + kalk).

- Kjemikaliehåndteringen.
- Slammengder.
- Slamegenskaper.
- Slammets eventuelle bruk i jordbruk.
- Resipientaspekter.

Ved store rensaneanlegg er kostnadene for fellingskjemikalier og andre kostnader som er avhengige av valget av fellingskjemikalier store. Viktige forutsetninger for valget av kjemikalier som priser, muligheter for bruk av slam i jordbruk og resipientaspekter kan forandres med tiden. Det er derfor all grunn for at man ved store rensaneanlegg prøver å få opplegget for kjemikaliedosering så fleksibelt at det er mulig å skifte fellingskjemikalie.

For sentralrensanlegget i Hamar synes det, alle forhold tatt i betraktning, som om det ved dagens forhold er best å bruke aluminiumsulfat ved primær- og sekundærfelling og aluminiumsulfat eller jern(II)sulfat pluss kalk ved etterfelling.

SAMMENDRAG

I samband med planleggingen av det nye sentralrensanlegget i Hamar, er det utført forsøk i pilot-plant målestokk med mekanisk-kjemisk rensing (sekundærfelling) og biologisk-kjemisk rensing (etterfelling).

Ved sekundærfelling ble følgende fellingskjemikalier undersøkt: aluminiumsulfat, jern(III)klorid, hydratkalk, jern(III)klorid + hydratkalk og jern(II)sulfat + hydratkalk. De beste resultatene, totalfosforreduksjon på 90—98 % og reduksjon av organisk stoff hele tiden over 60 %

ble oppnådd med aluminiumsulfat. Med de andre fellingskjemikalier ble fosforreduksjonen noe lavere, 85—90 %. Ved bruk av jern(III)klorid alene, viste doseringene seg å bli urealistisk høye.

Ved etterfelling ble følgende fellingskjemikalier undersøkt: aluminiumsulfat, kalk og jern(II)sulfat + kalk. Med samtlige fellingskjemikalier kunne meget gode resultater oppnås: reduksjon av totalfosfor på 90—95 % og reduksjon av organisk stoff på over 95 %.

Både ved sekundærfelling og etterfelling fikk en ved bruk av aluminiumsulfat den laveste, og ved bruk av hydratkalk den høyeste slamproduksjon.

TAKK

Fylkesingeniør B. W. Grundseth og kommuneingeniør F. Blomquist har for Samarbeidskomitéen fulgt forsøksdriften. Forfatter vil takke dem for verdifulle råd og synspunkter, og takke Samarbeidskomitéen for tillatelse til å publisere resulta-

tene. Ved vurdering av opplegget for henting av avløpsvann, har ingeniør A. Plassen, Østlandskonsult A/S, gitt meget verdifulle bidrag.

REFERENSER

Balmér, P. and Fredriksen, O. F. (1974)

A pilot-plant scale evaluation of potential precipitants in the secondary precipitation process. Sendt for publisasjon til Water Research.

Balmér, P. og Eikum, A. S. (1972)
Oversikt over slambehandlingsmetoder.

NIVA-rapport 0-50/72.

Eikum, A. S. (1973)

Slamproduksjon og slambehandling ved kjemisk kloakkrensning.

Kurs i kjemisk rensing av kommunalt avløpsvann.

NIF, Fagernes, okt. 1973.

Paulsrud, B. (1973)

Slamtyper og slamproduksjon.

Kurs i behandling og deponering av slam.

NITO, Hurdalsjøen 1973.