

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

PRA 2.12

0-145/75

AVVANNING AV SLAM MED POSEFILTER

2. juli 1976

Saksbehandlere: Siv.ing. Tor Erik Urdahl  
Siv.ing. Bjarne Paulsrud  
Medarbeider: Ingeniør Arne Lundar  
Instituttssjef: Kjell Baalsrud

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	3
2. INNLEDNING	4
3. FORSØKSOPPLEGG OG ANALYSEMETODER	4
3.1 Apparatur	4
3.2 Gjennomføring av forsøkene	7
3.3 Analysemetoder	9
4. RESULTATER OG DISKUSJON	13
4.1 Valg av polymertyper og doseringsmengder	13
4.2 Avvanningsresultater og vurderinger	14
5. REFERANSER	16

## TABELLFORTEGNELSE

Tabell nr.:

1	Polymertyper og doseringsmengder	13
2	Avvanningsresultater	15

## FIGURFORTEGNELSE

Figur nr.:

1	Posefilteret oppstilt for forsøksdrift	5
2	Slam- og polymerpumper	5
3	Blandetrommel	6
4	Fordelingssystemet i posen	6
5a og 5b	Posebunnen i åpen og lukket tilstand	8
6	Prinsippskisse av forsøksoppstillingen	8
7a og 7b	Situasjoner fra påfyllingsfasen	10
8a og 8b	Situasjoner fra uttak av slamkake	10
9	Slamkake fra mekanisk slam	11

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

En har undersøkt posefilter som avvanningsenhet for septisk, mekanisk, mekanisk/kjemisk (Al), kjemisk (Al), biologisk/kjemisk (Al) og biologisk slam. Posen hadde kapasiteter på ca. 2,5-6 ganger sitt eget volum når slammet ble fylt på i løpet av 1-2 timer. Volumreduksjonen av slammet varierte mellom 80 og 89%. Det avvannede slammet hadde et tørrstoffinnhold som lå i området 16-20% for septisk, mekanisk og mekanisk/kjemisk (Al) slam og i området 6-7,5% for biologisk, biologisk/kjemisk (Al) og kjemisk (Al) slam. Slam med tørrstoffinnhold på 6-7,5% hadde konsistens som tykk, flytende grøt, mens tørrstoffinnhold over 15% gav fast, stabil kake med konsistens som fuktig myrjord. Slamvannet (filtratet) fra alle slamtyper hadde lavt innhold av suspendert stoff (90-220 mg/l).

Forsøkene indikerer at posefilter kan være en brukbar avvanningsenhet for septisk, mekanisk og mekanisk/kjemisk (Al) slam dersom en ikke har spesielle krav om høyt tørrstoffinnhold i slamkaken. For biologisk, biologisk/kjemisk (Al) og kjemisk (Al) slam fungerer posefilteret bare som fortykkingsenhet, og ytterligere avvanning vil trenge for å oppnå en slamkake som ikke flyter. Et mulig anvendelsesområde i dette tilfelle er fortykning ved små lokale anlegg før transport med septiktankbil til sentral avvanningsenhet eller direkte til deponering.

Det presiseres at disse resultater er basert på enkeltforsøk med seks slamtyper i pilot skala. Forsøkene gav ikke anledning til å undersøke driftsproblemer som gjentetting av filterduken og slitasje ved lang tids bruk.

## 2. INNLEDNING

Det har lenge vært et behov for slamavvanningsutstyr som er så billig og enkelt i drift at det kan anvendes for små renseanlegg (< 1000-2000 p.e.) hvor øvrig mekanisk avvanningsutstyr (sentrifuger, silbåndpresser, kammerfilterpresser) er lite aktuelt.

Firma A/S Forbrenningsteknikk, Oslo, markedsfører en type posefilter for avvanning av slam. Systemet er utviklet og produseres av det tyske firmaet Krause. Etter søknad fra A/S Forbrenningsteknikk bevilget PRA-komiteén i 1975 kr. 10.000.- til en enkel undersøkelse av denne avvanningsenheten. Det var en forutsetning at undersøkelsen skulle utføres ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA), og at resultatene skulle publiseres som vanlig for PRA-prosjekter.

Det er utført avvanningsforsøk med 6 forskjellige slamtyper, og for hver type ble det bestemt posekapasitet, tørrstoffinnhold i slamkake og kvalitet på slamvannet (filtratet).

## 3. FORSØKSOPPLEGG OG ANALYSEMETODER

### 3.1 Apparatur

Forsøkene ble utført med en pilotmodell av posefilteret som ble stilt til rådighet av leverandøren. Posen var 0,55 m i diameter og 0,85 m høy med et omtrentlig volum på 200 l (fig. 1).

Slammet ble matet inn med en eksenterskruepumpe med variabelt turtall. Stampløsningen av polymer ble dosert med en stempelpumpe med variabel slaglengde inn i en statisk mixer, hvor den ble blandet med fortynningsvann. Fortynningsvannmengden ble kontrollert ved en reguleringskran og et rotameter (fig. 2). Slam og polymer ble blandet sammen i en trommel med variabel omdreiningshastighet før det rant ned i posen (fig. 3). Innvendig i posen var en trakt og et lederør som skulle sikre en forsiktig og jevn fordeling av slammet (fig. 4). Posebunnen var utformet slik at den enkelt kunne lukkes og åpnes og dermed tappe ut slamkaken

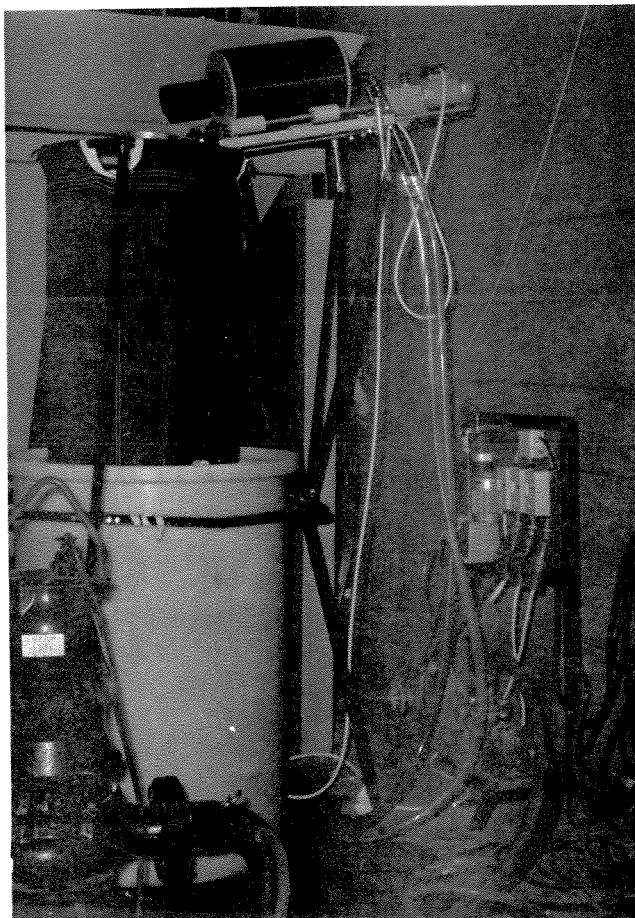


Fig. 1. Posefilteret oppstilt for forsøksdrift.

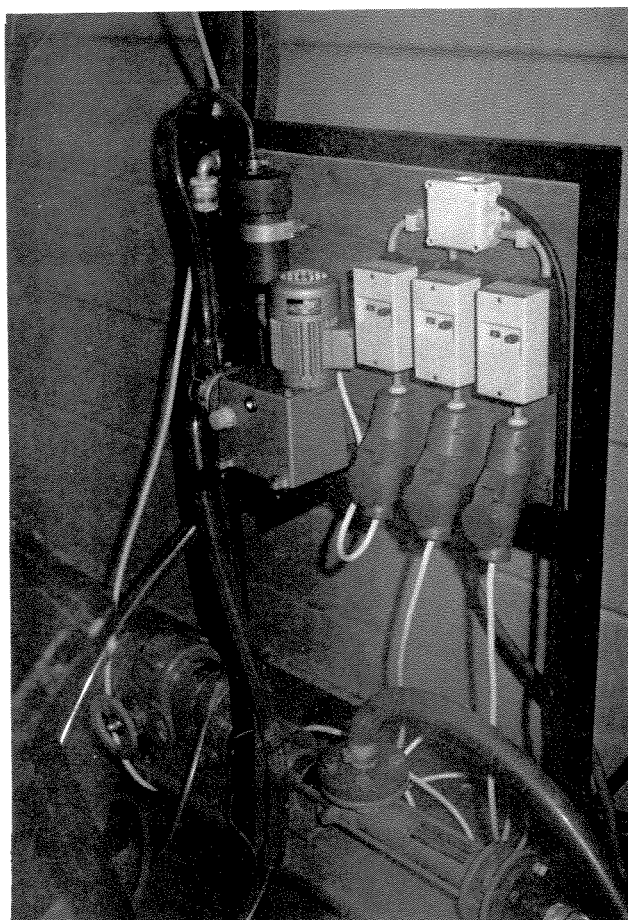


Fig. 2. Slam- og polymerpumper.

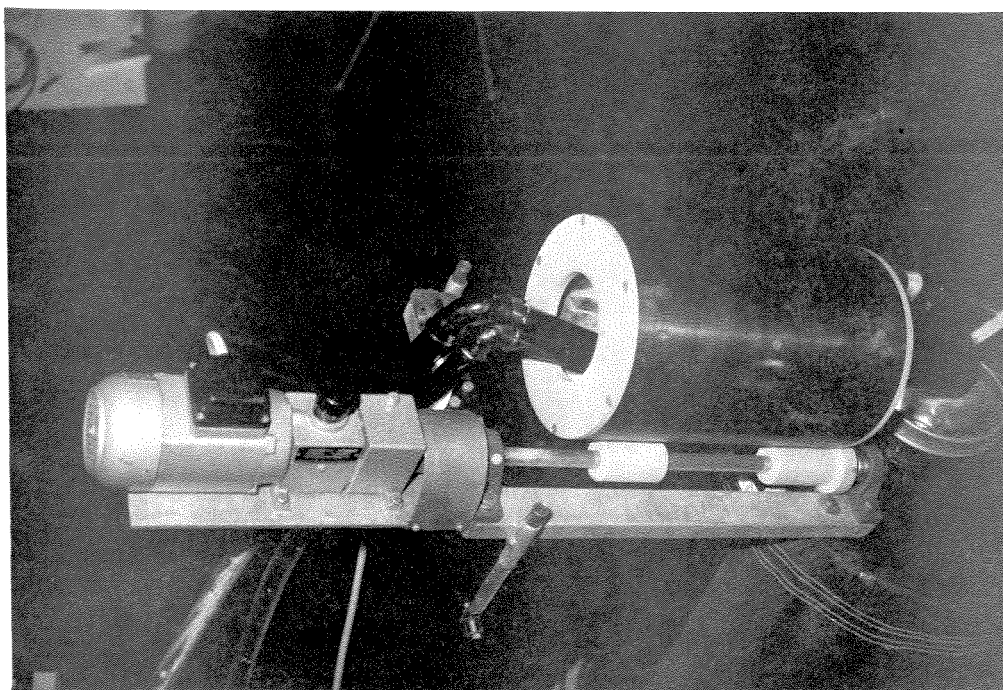


Fig. 3. Blandetrommel.

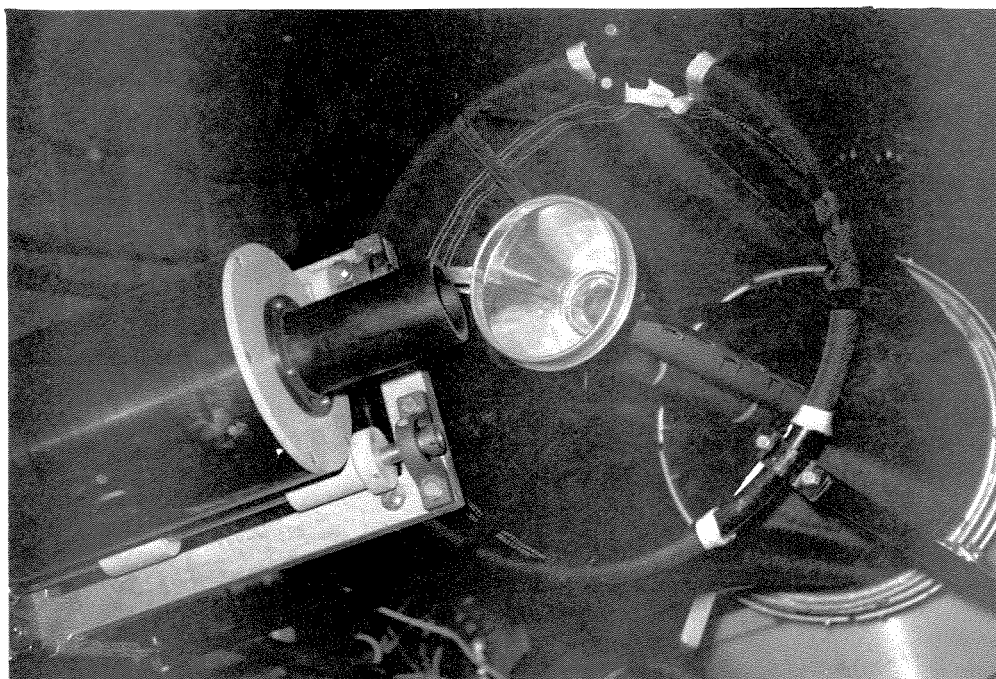


Fig. 4. Fordelingssystemet i posen.

i bunnen ved avsluttet drenering (fig. 5a og 5b). Alt slamvannet (filtratet) ble samlet opp i en stor beholder som stod under posefilteret.

Prinsippskisse av forsøksopplegget for avvanning av slam med posefilter er vist i fig. 6.

### 3.2 Gjennomføring av forsøkene

De seks slamtyper det ble gjort forsøk med, var septisk slam, mekanisk slam, blandet mekanisk/kjemisk (A1) slam fra sekundærfelling (1:1 på SS basis), kjemisk (A1) slam fra etterfelling, biologisk/kjemisk (A1) slam fra etterfelling (2:1 på SS basis) og biologisk slam fra langtids-lufter.

En antatt tilstrekkelig mengde slam (500-1000 l) av aktuell type ble fylt i et kar, godt omrørt, og en rekke småprøver ble blandet til en representativ prøve av slammet. Tørrstoffinnholdet i slammet ble bestemt med Infra-tester (nærmere beskrevet under pkt. 3.3). Deretter ble type polymer og doseringsmengde bestemt ved en kondisjoneringsprøve (nærmere beskrivelse under pkt. 3.3). Det ble ikke lagt vekt på å finne optimal polymer eller polymerdosering. En ønsket imidlertid polymertyper og doseringer som gav kapillær sugetid (CST) <15 sek. (noe avhengig av slam-mets tørrstoffinnhold), da dette har vist seg å gi tilfredsstillende avvanningsresultater med annet drenasjestyre. Tilstrekkelig mengde av den valgte polymer ble veid ut og blandet til en stamløsning på 0,25%.

Slampumpen ble forsøkt innstilt slik at posen skulle fylles opp i løpet av 1-2 timer.

Polymerdoseringspumpen ble innstilt i forhold til slampumpen, slik at en oppnådde den polymertilsetning til slammet som var bestemt ved kondisjoneringsprøven. Polymerløsningen ble ved alle forsøk tilsatt fortynningsvann i forholdet 20:1. Dette gav polymerkonsentrasjoner innenfor de rammer polymerprodusentene anbefaler.

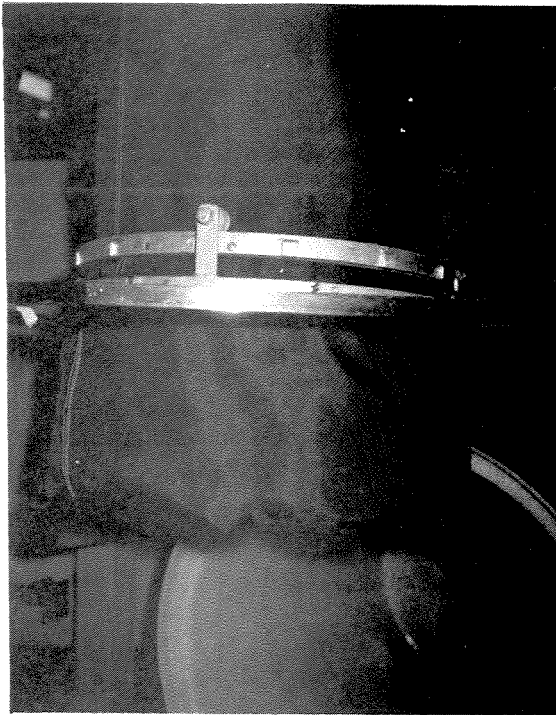


Fig. 5a.

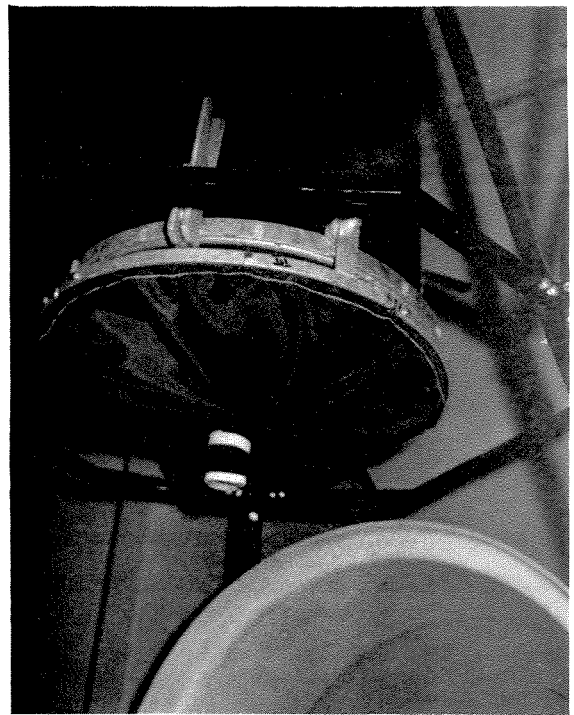


Fig. 5b.

Posebunnen i åpen og lukket tilstand.

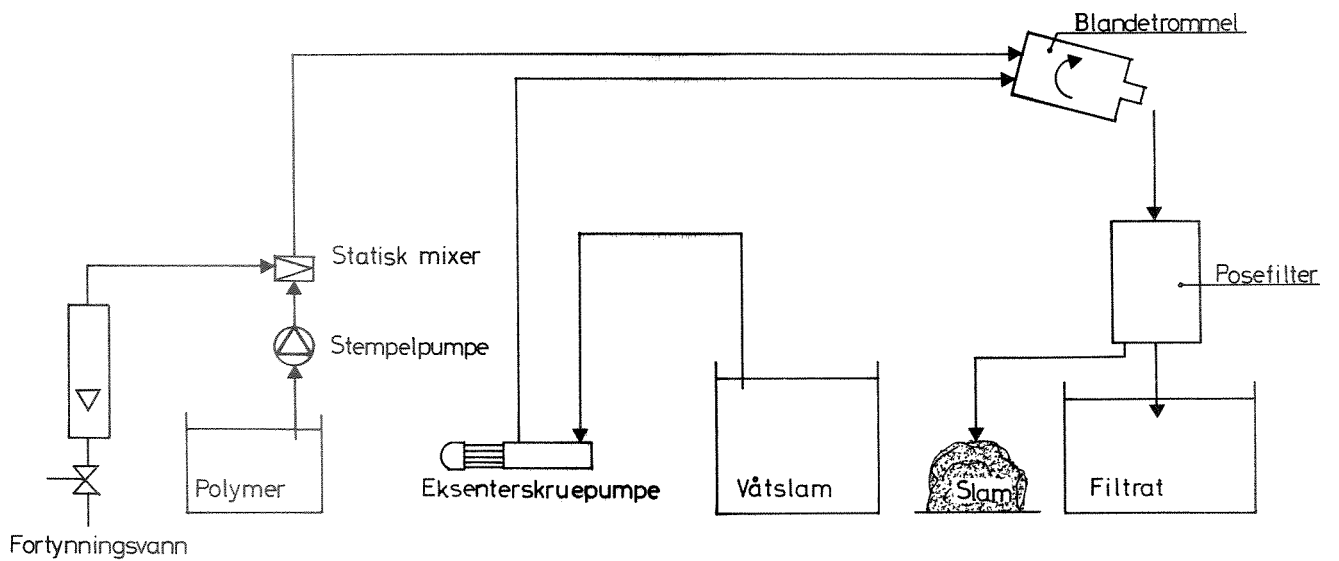


Fig. 6 . Prinsippskjema for forsøksoppstilling med posefilter.



Når slammet rant fra blandetrommelen og ned i posefilteret, var slammet tydelig koagulert og kunne karakteriseres som "slamklumper i vann". Fig. 7 viser to situasjoner fra fylling av slamposen.

Slampumpingen ble avsluttet når posen var full. Det meste av filtratet rant ut i løpet av påfyllingstiden, og anslagsvis 80-90% av filtratet hadde rent ut 2-3 timer etter at pumpingen var avsluttet. Resten av vannet var vanskeligere å fjerne, og etter et snaut døgn (20-22 timer) dryppet det bare såvidt fra posen.

Slammet ble tatt ut ved å åpne posen i bunnen. Fig. 8 viser to stadier i åpning av posen. Åpne/lukke-mekanismen var enkel og fungerte bra. Fig. 9 viser slamkake fra mekanisk slam. Det ble tatt ut representative prøver av det oppsamlete filtrat og slamkaken.

Posen var stort sett ren innvendig og vil neppe kreve spyling og rengjøring mellom hver avvanningssyklus. Ved denne forsøksserien ble posen imidlertid spylt mellom hver syklus for å sikre like forhold.

### 3.3 Analysemetoder

#### Tørrstoff (TS)

Ved kondisjoneringsprøven må en kjenne det omtrentlige tørrstoffinnhold i slammet. Til dette ble det brukt en Infra-tester fra A/S N. Foss Electric, Hillerød, Danmark. Analysen skjer ved at 10 ml våtslam påfylles en balansert skålvekt. Slammet tørkes ved hjelp av en varmelampe, og etter 15-20 min. rebalanseres vekten, og tørrstoffinnholdet kan avleses. Metoden egner seg best ved høye tørrstoffinnhold, men gir tilstrekkelig nøyaktighet for vårt formål i dette tilfelle.



Fig. 7a.

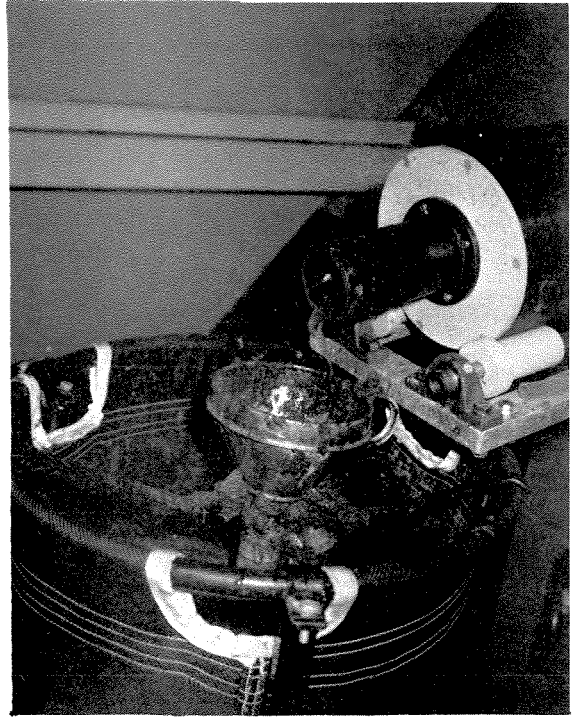


Fig. 7b.

Situasjoner fra påfyllingsfasen.

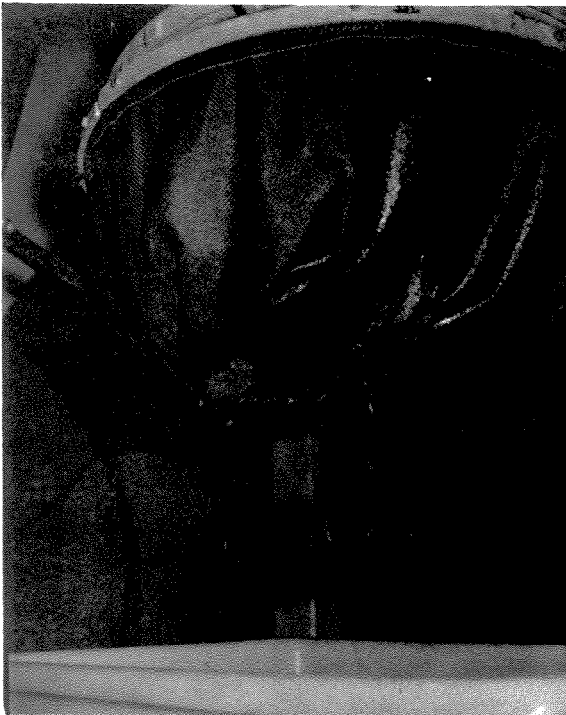


Fig. 8a.

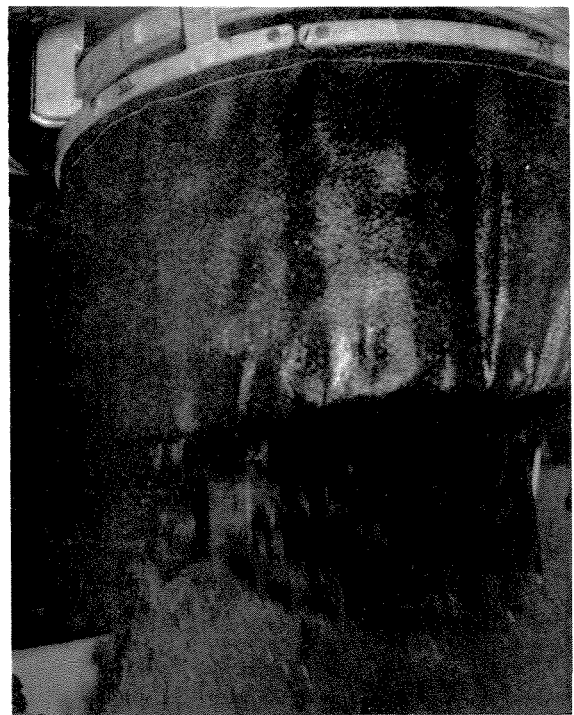


Fig. 8b.

Situasjoner fra uttak av slankake.



Fig. 9. Slamkake fra mekanisk slam.

### Suspendert stoff (SS)

Suspendert stoff i slam ble bestemt ved sentrifugering i en Sorvall Superspeed sentrifuge (type SS-1, KSB-1) i 10 min. ved ca. 19.000 x g. Prøvevolumet var 40 ml. Slamvannet ble helt av og slamkaken overført til en aluminiumsskål. Prøven ble tørket i 18-24 timer ved 103°C og deretter avkjølt i eksikator før veiing. Den endelige verdi ble bestemt som middelveidien av 3 parallelle prøver.

Suspendert stoff i slamvann ble bestemt ved filtrering gjennom GF/C-filter. Prøvevolumet var vanligvis 50 ml, men varierte noe, avhengig av innholdet av suspendert stoff. Prøvene ble tørket som angitt ovenfor. Den endelige verdi var middelveidien av 2 parallelle prøver.

### Flyktig suspendert stoff (FSS)

Flyktig suspendert stoff ble bestemt ved at prøvene fra suspendert stoff analysen ble glødet ved 580°C i 1 time og deretter avkjølt i eksikator før veiing.

### Kjemisk oksygenforbruk (KOF)

Kjemisk oksygenforbruk (dikromat) ble bestemt etter Standard Methods (1971).

### Total fosfor (Tot-P)

Total fosfor ble bestemt ifølge Norsk standard, NS 4725.

### Kapillær sugetid (CST)

Det ble brukt et CST-apparat (type 92) fra Triton Electronics Ltd., England. Apparatet er spesialbygget for denne analysen, og prinsipper og anvendelsesområde er beskrevet av Baskerville et al. (1968). Prøvesylinderen med 10 mm diameter ble brukt ved alle målingene, som ble utført ved romtemperatur (20-22°C). CST-verdiene ble derfor ikke korrigert for temperatur.

### Kondisjoneringsprøve

For å vurdere hvor lett slam lar seg kondisjonere før avvanning, ble det brukt en metode som er foreslått som internasjonal standardmetode. Metoden som bl.a. er utførlig beskrevet av Paulsrud (1976), går i kort-  
het ut på å tilsette ulike mengder kondisjoneringsmiddel til slammet, blande dette sammen på en bestemt måte og deretter utsette det flokkulerte slam for forskjellige grader av skjærpåkjønning før CST måles. Kondisjoneringsmiddelet tilsettes som et konstant volum (20 ml) til slamprøvene (100 ml), slik at doseringene varieres ved å endre konsentrasjonen på polymerløsningen. For polymerer er de anbefalte doser 0; 0,125; 0,25 og 0,5% av slammets tørrstoffinnhold. Skjærpåkjønningen frembringes ved å utsette det flokkulerte slam for en kraftig omrøring (1000 omdr./min.) med en spesiell omrører, og tiden som denne omrøringen varer (0, 10, 40 og 100 s), angir ulike skjærpåkjønninger. Posefilterets blandetrommel gav så små skjærspenninger at bare omrøringstider på 0 og 10 sek. ble ansett som aktuelle i dette tilfelle.

## 4. RESULTATER OG DISKUSJON

### 4.1 Valg av polymertyper og doseringsmengder

Tabell 1 angir de polymertyper og tilhørende doseringsmengder som ble funnet å gi en tilfredsstillende kondisjonering av de ulike slamtypene. Det er også angitt de tilhørende CST-verdier etter bare hurtiginnblanding og etter ytterligere 10 sek. omrøring.

Tabell 1. Polymertyper og doseringsmengder.

Slamtype	Tørrstoff (bestemt ved Infra-tester) %	Type polymer	Dosering  % av TS i slam	CST (sek.)	
				Omrøringstid etter innblanding (sek.) 0	10
Septisk	3,6	Hercofloc 829.3C	0,5	14,0	14,5
Mekanisk	2,6	Zetag 92	0,25	9,8	9,7
Mekanisk/kjemisk (Al)	2,1	Zetag 92	0,25	8,3	8,6
Kjemisk (Al)	1,2	Magnafloc 155	0,063	11,5	14,3
Biologisk/kjemisk (Al)	1,3	Zetag 92	0,5	10,6	11,7
Biologisk	1,2	Zetag 92	0,5	13,2	12,0

#### 4.2 Avvanningsresultater og vurderinger

Tabell 2 angir registrerte og beregnede forsøksresultater.

Tørrstoffinnholdet i det avvannede slammet varierte med slamtypen, og det var bare septisk slam, mekanisk og mekanisk/kjemisk (Al) slam som gav en skikkelig slamkake som ikke fløt utover. Kjemisk (Al) slam, biologisk og biologisk/kjemisk (Al) slam var fortsatt i flytende form etter avvanningen. Med disse slamtypene vil en sannsynligvis kunne få et høyere tørrstoffinnhold etter avvanning dersom en fortykkes slammet på forhånd, dvs. får et høyere tørrstoffinnhold i det inngående slam enn det som ble brukt ved våre forsøk. Det er imidlertid ingen grunn til å tro at en på denne måte kan oppnå slamkaker med fast konsistens for disse tre slamtyper.

Resultatene stemmer for øvrig bra med noen enkle undersøkelser som tidligere er gjort på NIVA med et drenasjearrangement, hvor kondisjonert slam ble lagt opp på en filterduk i ca. 10 cm tykke lag (Paulsrud, 1973). Dersom en skal få gode avvanningsresultater ved begge disse systemer, er en avhengig av å få dannet en porøs slamstruktur, slik at vannet kan passere gjennom slammet og ut til filterduken.

Ved kondisjonering av biologisk og kjemisk slam får en vanligvis relativt små slamaggregater som lett lar seg komprimere, og følgelig kan en ikke vente å oppnå særlig høye tørrstoffinnhold ved avvanning som bare er basert på gravitasjonskrefter.

Analysene av slamvannet fra posefilteret viser at innholdet av suspendert stoff er lavt for alle slamtyper. Det er ikke gjort noen korreksjoner for den fortykning av slammet som skjer ved polymerdoseringen (fortynningsvannet utgjør mellom 25 og 50% av den totale filtratmengde).

I tabell 2 er det også ført opp de slamvolumer som en har fått plass til i posen, tilhørende påfyllingstider og omtrentlige volumer av avvannet slam. For mekanisk og biologisk slam ble det laget i stand for lite slam, slik at posen ikke ble fylt opp. I parentes er det her angitt en

Tabell 2. Avvanningsresultater.

Slamtype	SS-innhold i slam (%)		Slamvannskvalitet			Påfylt slamvolum liter	Volum av "slamkake" liter	Volumreduksjon ved avvanning %	Posens kapasitet Posevolum	Påfyllings-tid min.
	Før avvanning	Etter avvanning	SS mg/l	KOF mg O/l	Tot-P mg P/l					
Septisk	3,5	17,5	223	1786	54,6	785	160	80	3,9	95
Mekanisk	2,2	19,5	177	625	11,2	535 x) (1250)	60	89	(6,3) x)	76
Mekanisk/ kjemisk (AL)	2,3	15,9	95	410	0,3	980	140	86	4,9	140
Kjemisk (AL)	1,1	7,6	107	103	0,7	630	85	87	3,2	90
Biologisk/ kjemisk (AL)	1,2	5,9	91	157	1,3	510	95	81	2,6	73
Biologisk	1,0	6,4	103	290	6,9	505 xx) (650)	75	85	(3,3) xx)	72

x) Ferdiglaget slammengde var for liten, slik at bare 59% av posens volum ble fylt opp. Antar at det totalt kan fylles

1250 l.

xx) " " " " " " " " " " " " " " " " "

650 l.

verdi for den slammengde en sannsynligvis kunne fått plass til. Basert på et posevolum på 200 l har en videre beregnet de kapasiteter posen hadde for de ulike slamtyper. Det er også regnet ut den prosentvise reduksjon av slamvolumene som en fikk ved avvanning med posefilteret.

Det er vanskelig å si noe sikkert om hvor representative disse avvanningsresultatene er for fullskala posefiltre med diameter på 1 m og 3,5 m høyde. Den økte høyden vil forårsake en større komprimering av slampartiklene, og samtidig vil økt diameter bety at vannet må gå en lengre vei for å komme ut av posen. Det er likevel rimelig å anta at fullskala forsøk vil gi resultater i samme størrelsesorden som ved våre forsøk.

#### 5. REFERANSER

Baskerville, R.C. and Gale, R.S. (1968): "A simple automatic instrument for determining the filtrability of sewage sludges". Water Pollution Control, 67, 233-241.

Paulsrud, B. (1973): Upubliserte data, NIVA.

Paulsrud, B. (1976): "Kondisjonering av slam". Foredrag på NIF-kurs om drift av renseanlegg, Fagernes, februar 1976.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1971. 13th ed. APHA, AWWA, WPCF, Wash. D.C.