

# **PRIMÆRRENS prosjekt 10: Utnyttelse av kjemisk forbe- handling på finsilanlegg. Case Namsos.**

Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S

Rapport nr: 04-04X

Prosjekt nr: 04046

Prosjektleder: Dr. ing. Bjørn Rusten

Medarbeidere: Kjemiingeniør Arne Lundar

# aquateam RAPPORT

Postboks 6875 Rodeløkka  
0504 Oslo  
Telefon: 22 35 81 00  
Telefaks: 22 35 81 10

Rapportnummer: 04-04X  
Tilgjengelighet: Begrenset

|                                                                                                              |                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Rapportens tittel                                                                                            | Dato                  |
| PRIMÆRRENS prosjekt 10: Utnyttelse av kjemisk forbehandling på finsilanlegg. Case Namsos. (Foreløpig utgave) | 2004-12-15            |
|                                                                                                              | Antall sider og bilag |
|                                                                                                              | 18                    |
| Forfatter(e) sign.                                                                                           | Ansv. sign.           |
| Bjørn Rusten                                                                                                 |                       |
| Arne Lundar                                                                                                  | Bjarne Paulsrud       |
|                                                                                                              | Prosjektnummer        |
|                                                                                                              | O-04046               |

|                                              |                                      |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|
| Oppdragsgiver<br>Statens forurensningstilsyn | Oppdr.givers ref.<br>Ingunn Lindeman |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Sammendrag</p> <p>Bangsund renseanlegg i Namsos kommune ble i løpet av 2004 bygd om til et finsilanlegg med to siler i serie. Mellom silene er det et flokkuleringsbasseng og utrustning for tilsetning av fellingskjemikalier og polymer. Renseanlegget har vært i en innkjøringsfase. Styrings- og overvåkingssystemet er fremdeles ikke helt ferdig, slik at de prøveseriene som er tatt på renseanlegget består av stikkprøver.</p> <p>Aquateam har gjennomført både benkeskala forsøk og fullskalaforøk, med og uten fellingskjemikalier og polymer. Det ble testet polyaluminiumklorid, anionisk polymer og kationisk polymer. De to silene hadde duker med henholdsvis 350 mikron og 100 mikron lysåpninger. I noen av forsøkene ble avløpsvannet kjørt utenom sil 1 og rett på sil 2. Best resultater ble oppnådd ved bruk av kun en kationisk polymer ved en dosering på 1,4 mg/l.</p> <p>I etterkant av Aquateams besøk har man byttet til en 840 mikron duk på sil 1 (for å få mer partikler til fnokkoppbygging i flokkuleringsbassenget) og en 250 mikron duk på sil 2. Man har fortsatt med å ta ut prøver, og igjen er det oppnådd gode resultater med kun kationisk polymer. Av 23 prøveserier var det bare én prøve som ikke tilfredsstilte SS-kravet til primærrensing, og det må sies å være meget bra. Midlere renseeffekt for SS var på 66 %. Den høyeste renseeffekten var på 95 %, og den ble oppnådd uten bruk av sil 1 og med en betydelig filtermatte på sil 2. En totalvurdering av resultatene indikerer at en optimal dosering for dette anlegget vil være på ca. 1 g polymer/m<sup>3</sup>.</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Stikkord - norsk

## Stikkord - engelsk

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| Finsiler            | Fine mesh sieves        |
| Suspendert stoff    | Suspended solids        |
| Organisk stoff      | Organic matter          |
| Fellingskjemikalier | Precipitation chemicals |

|           |          |
|-----------|----------|
| Polymerer | Polymers |
|-----------|----------|

## Innholdsfortegnelse

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Innledning.....                                                        | 4  |
| 2. Forsøksopplegg .....                                                   | 5  |
| 3. Benkeskala forsøk.....                                                 | 6  |
| 3.1. Konsentrasjoner og renseeffekter uten filtermatte på sildukene ..... | 6  |
| 3.2. Renseeffekter med filtermatte på sildukene.....                      | 9  |
| 4. Fullskalaforsøk i regi av Aquateam AS .....                            | 11 |
| 4.1. Karakterisering av avløpsvann.....                                   | 11 |
| 4.2. Bruk av kationisk pluss anionisk polymer .....                       | 11 |
| 4.3. Bruk av bare kationisk polymer .....                                 | 13 |
| 4.4. Bruk av polyaluminiumklorid og anionisk polymer .....                | 13 |
| 5. Fullskalaforsøk i lokal regi .....                                     | 16 |
| 6. Referanser .....                                                       | 18 |

## 1. Innledning

Bangsund renseanlegg i Namsos kommune ble i løpet av 2004 bygd om til et finsilanlegg med to siler i serie. Mellom silene er det et flokkuleringsbasseng og utrustning for tilsetting av fellingskemikalier og polymer. Renseanlegget har vært i en innkjøringsfase. Styrings- og overvåkingssystemet er fremdeles ikke helt ferdig, slik at de prøveseriene som er tatt på renseanlegget består av stikkprøver.

På renseanlegget ble det gjennomført benkeskala forsøk med forskjellige silduker. Det ble gjennomført fullskalaforsøk i regi av Aquateam, og etter en del modifikasjoner av renseanlegget ble det i lokal regi tatt en rekke prøveserier av fullskalaanlegget.

Det ble utført tester med polyaluminiumklorid, kationisk polymer og anionisk polymer.

Resultatene fra alle disse forsøkene og testene finnes i herværende rapport.

## 2. Forsøksopplegg

På Bangsund renseanlegg pumpes avløpsvann direkte inn på en primærsil av type Salsnes Filter SF 2000 (sil 1). Deretter tilsettes fellingskjemikalier og/eller polymer, før avløpsvannet går gjennom et statisk flokkuleringstrinn og partiklene separeres på en finsil av type Salsnes Filter SF Fnokk 4000 (sil 2). Flokkuleringstrinnet har et vått volum fra 3,4 m<sup>3</sup> til 3,7 m<sup>3</sup>, avhengig av trykktapet over den siste silen. Det er mulig å kjøre avløpsvannet utenom sil 1 og direkte til flokkuleringstrinnet.

Ved bruk av fellingskjemikalie eller bare én type polymer, ble dette tilsatt på utløpsrøret fra sil 1. Ved bruk av både fellingskjemikalie og polymer, eller to typer polymer, ble disse tilsatt henholdsvis på utløpsrøret fra sil 1 og i den første delen av flokkuleringstrinnet.

På Bangsund renseanlegg ble det gjennomført benkeskala forsøk med utrustning utviklet av Aquateam. Forsøkene ble gjennomført etter prosedyrene for den såkalte "stikkprøvetesten". Disse prosedyrene er beskrevet i en tidligere rapport (Rusten og Lundar, 2004) og vil ikke bli gjentatt her. Samtidig ble det tatt stikkprøver foran og etter de to fullskala silene på renseanlegget.

Avløpsvann til benkeskala forsøk ble tatt ut i en stor batch og flokkulert i en stor plastdunk. Det ble brukt 1 minutt hurtiginnblanding og 10 minutter flokkulering ved 20 rpm. Drill med variabel hastighet og et spesialbygget røreverk ble brukt til hurtiginnblanding og flokkulering.

Alle vannprøvene tatt i regi av Aquateam ble analysert med hensyn på total COD (TCOD) og suspendert stoff (SS). I tillegg ble flere prøver av ubehandlet avløpsvann analysert med hensyn på filtrert COD (FCOD). Analysene ble utført umiddelbart etter prøvetaking. COD ble målt med Dr. Lange teknologi. Glassfiberfiltre, type Whatman GF/C, ble brukt til all filtrering og til måling av SS.

Vannprøver tatt i lokal regi, etter Aquateams besøk, ble sendt til et akkreditert laboratorium og analysert med hensyn på SS.

De kjemikaliene som ble testet på Bangsund renseanlegg var Ekoflock 90 (123 mg Al<sup>3+</sup>/ml), Pempure 135 (anionisk polymer), Pemcat 108 (kationisk polymer) og Pemcat 163 (kationisk polymer).

### 3. Benkeskala forsøk

Benkeskala tester ble kjørt med en batch avløpsvann med konsentrasjoner som vist i tabell 1. Denne batchen med avløpsvann ble tatt fra innløpet til renseanlegget kl. 12:30. Avløpsvannet inn til renseanlegget var tynt, på grunn av mye nedbør. Testene uten filtermatte på sildukene ble kjørt både med ubehandlet avløpsvann og med flokkulert avløpsvann, mens testene med filtermatte på sildukene ble kjørt med kun flokkulert avløpsvann. Avløpsvannets konsentrasjoner etter flokkulering er også vist i tabell 1. Det ble brukt en dosering på 60 ml/m<sup>3</sup> med Ekoflock 90 og 0,4 g/m<sup>3</sup> med Pempure 135. Polymeren ble tilsatt helt på slutten av den 1 minutt lange hurtiginnblandingsperioden. Det ble gjennomført to flokkuleringer, for å hindre at flokkulert vann ble stående for lenge før benkeskala siling.

**Tabell 1. Konsentrasjoner av avløpsvann brukt til benkeskala testing på Bangsund renseanlegg.**

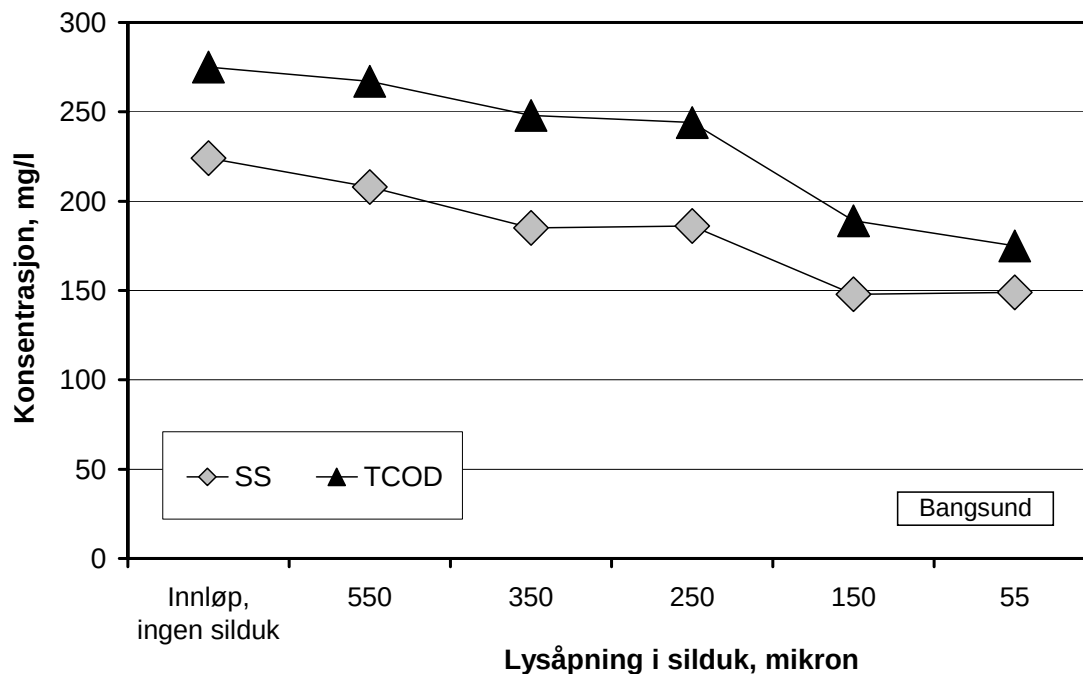
|                       | pH  | Konsentrasjoner, mg/L |      |      | FCOD/TCOD-forhold |
|-----------------------|-----|-----------------------|------|------|-------------------|
|                       |     | SS                    | FCOD | TCOD |                   |
| Ubehandlet avløpsvann | 7,1 | 224                   | 91   | 275  | 0,33              |
| Flokkulert avløpsvann | 7,0 | 285                   | 61   | 312  | 0,19              |

#### 3.1. Konsentrasjoner og renseeffekter uten filtermatte på sildukene

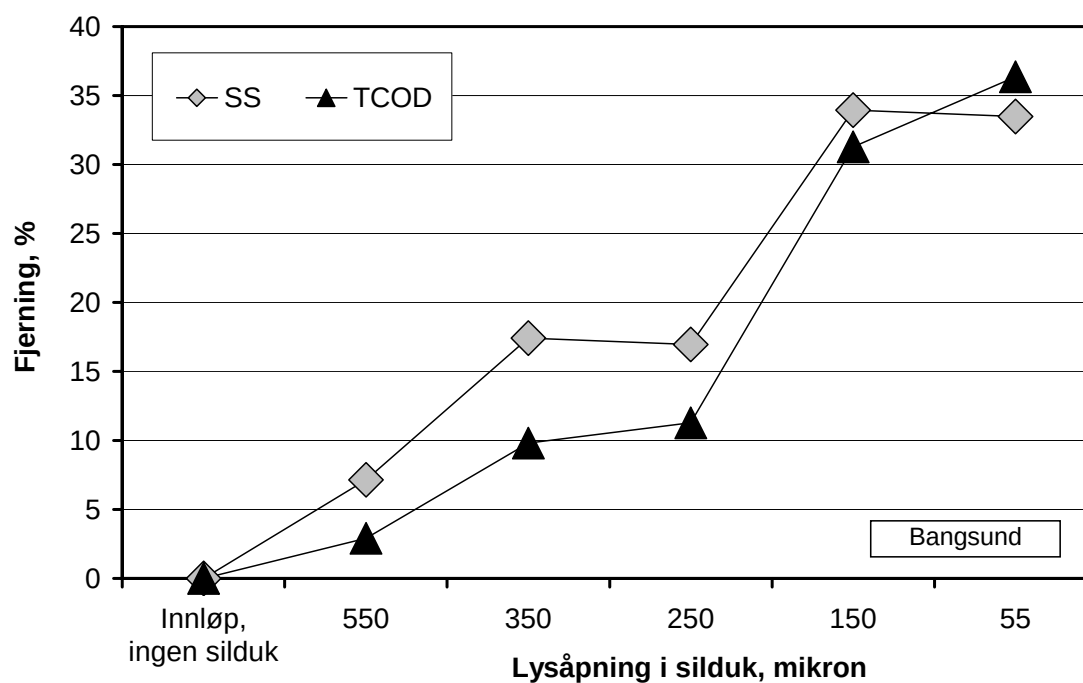
Konsentrasjoner og renseeffekter for SS og TCOD, etter siling av ubehandlet avløpsvann gjennom rene silduker med forskjellige lysåpninger, er vist i figurene 1 og 2. Avløpsvannet var i utgangspunktet dårlig egnet for finsiling, med bare 17 % fjerning av SS og 10 % fjerning av TCOD for silduker med lysåpninger på 250 og 350 mikron. Over 65 % av SS var finere enn 55 mikron.

Etter flokkulering var konsentrasjoner og renseeffekter som vist i figurene 3 og 4. Konsentrasjonen av FCOD (se tabell 1) ble som ventet redusert ved koagulering og flokkulering, mens konsentrasjonen av SS økte. Konsentrasjonen av TCOD økte også, og dette må tilskrives måleusikkerheten for COD analysen. Testene med 550 og 350 mikron silduker ble kjørt med vann fra første flokkulering, mens testene med 250, 150 og 55 mikron silduker ble kjørt med vann fra andre flokkulering. Resultatene indikerer at partikkelstørrelsesfordelingen ble forskjellig i de to flokkuleringene, og at fnokkene i andre flokkulering enten ble veldig små eller var lette å knuse. De meget lave renseeffektene for SS med 250 og 150 mikron silduker indikerer også at det kan ha vært analysetekniske problemer.

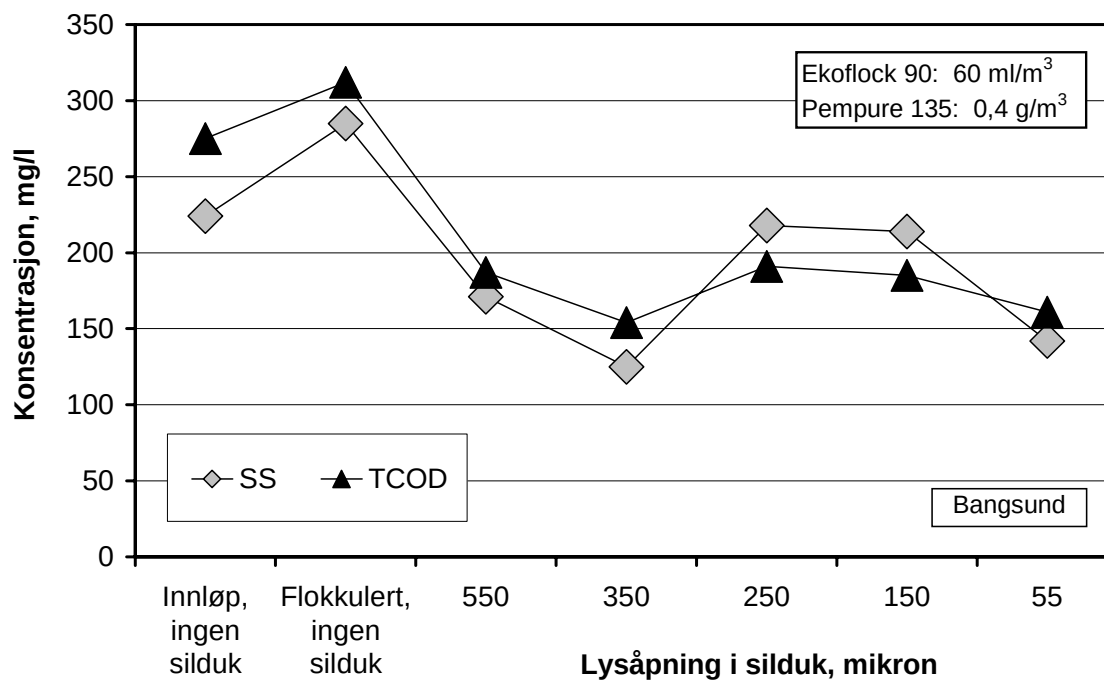
Uten filtermatte var det ingen av de testede sildukene som klarte primærrensekravet på 50 % fjerning av SS, selv med flokkulert avløpsvann. Med flokkulert avløpsvann var fjerningen av TCOD over 30 % for samtlige silduker. Uten flokkulering var det imidlertid bare sildukene med 150 og 55 mikron lysåpninger som fjernet over 30 % TCOD.



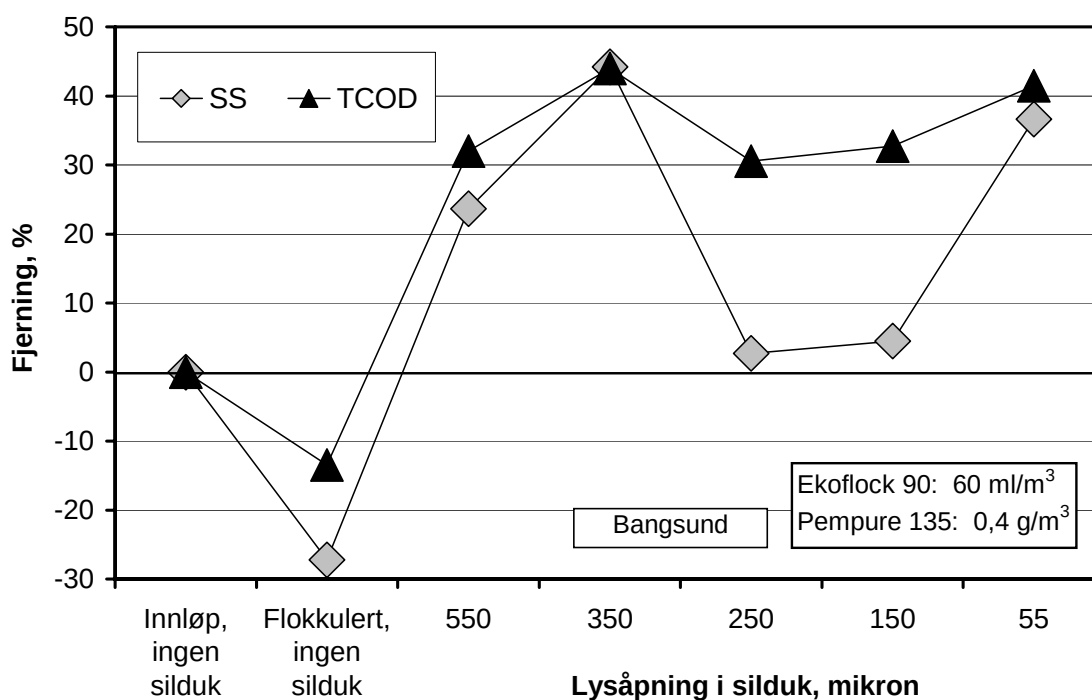
**Figur 1.** Konsentrasjoner av SS og TCOD for ubehandlet avløpsvann og etter passering gjennom silduker med angitt lysåpning. Målt med rene silduker, uten filtermatte.



**Figur 2.** Fjerning av SS og TCOD fra ubehandlet avløpsvann, etter passering gjennom silduker med angitt lysåpning. Målt med rene silduker, uten filtermatte.



**Figur 3.** Konsentrasjoner av SS og TCOD for ubehandlet avløpsvann, flokkulert avløpsvann, og flokkulert avløpsvann etter passering gjennom silduker med angitt lysåpning. Målt med rene silduker, uten filtermatte.



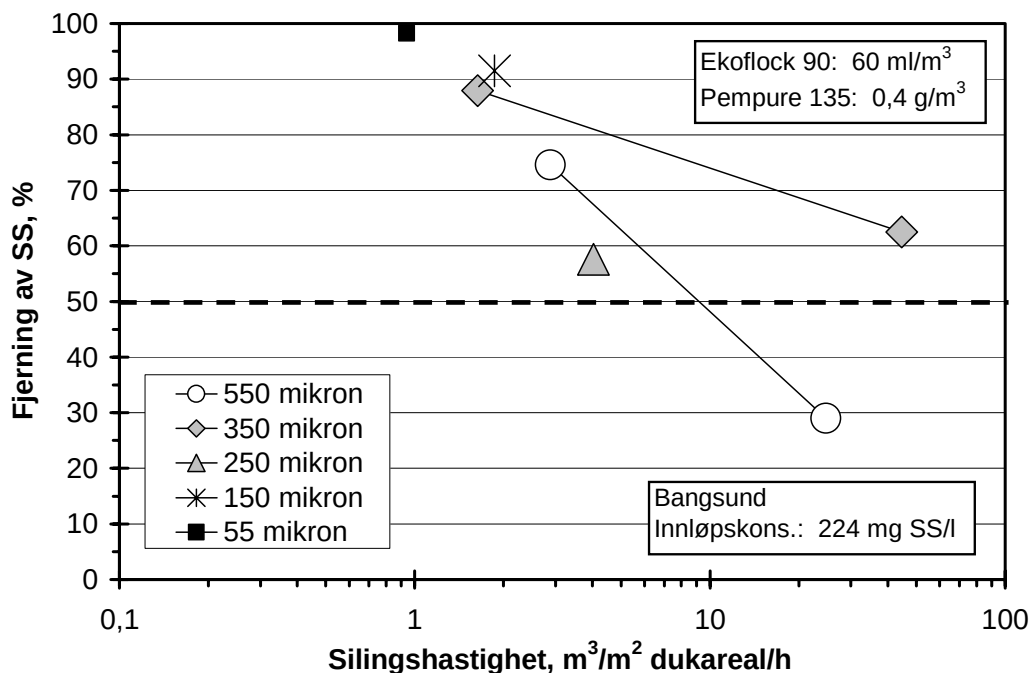
**Figur 4.** Fjerning av SS og TCOD for flokkulert avløpsvann, henholdsvis uten siling og etter passering gjennom silduker med angitt lysåpning. Målt med rene silduker, uten filtermatte.

### 3.2. Renseeffekter med filtermatte på sildukene

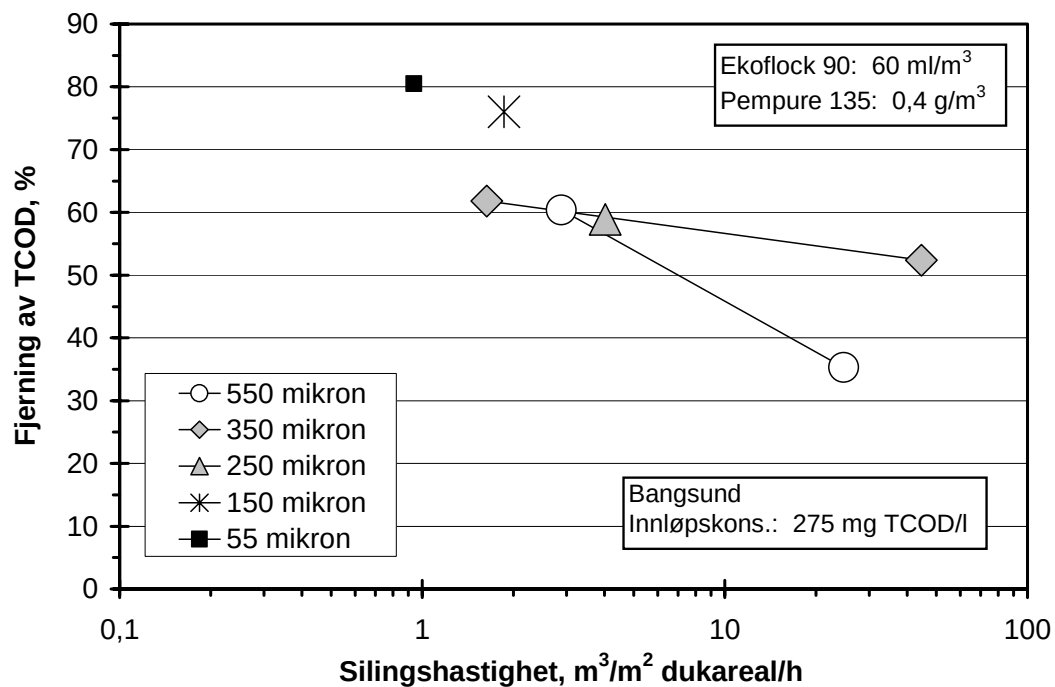
Figurene 5 og 6 viser renseeffekter for henholdsvis SS og TCOD, etter at det ble etablert en filtermatte på sildukene. Renseeffektene er vist som funksjon av silingshastighet. For å klare minst 50 % fjerning av SS måtte silingshastigheten være mindre enn ca. 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dukareal/h. Renseeffekten økte betydelig ved avtakende silingshastighet, og ved ca. 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dukareal/h ble det fjernet over 98 % SS.

Fjerningen av TCOD var hele tiden større enn 35 %. Renseeffekten økte ved avtakende silingshastighet og var helt oppe i 81 % TCOD-fjerning ved en silingshastighet på ca. 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dukareal/h. Det ble observert tykke og kompakte filtermatter på sildukene. Ved de laveste silingshastighetene må det forventes at filtermatten også fjerner noe av det kolloidale materialet som er mindre enn poreåpningen på 1,2 mikron i Whatman GF/C-filtrene.

Forsøkene viste at det med utgangspunkt i et avløpsvann som var lite egnet for finsiling, var mulig å oppnå meget høye renseeffekter ved koagulering, flokkulering og siling ved lave silingshastigheter. For å få en økonomisk konkurransedyktig prosess, må man imidlertid komme fram til en prosess som kan klare primærrensing eller bedre ved relativt høye silingshastigheter.



Figur 5. Fjerning av SS som funksjon av silingshastighet for flokkulert avløpsvann fra Bangsund renseanlegg.



Figur 6. Fjerning av TCOD som funksjon av silingshastighet for flokkulert avløpsvann fra Bangsund renseanlegg.

## 4. Fullskalaforsøk i regi av Aquateam AS

Aquateam gjennomførte fullskala forsøk på Bangsund renseanlegg den 8. og 9. september, 2004, samtidig med de tidligere omtalte forsøkene i benkeskala. På dette tidspunktet hadde sil 1 en silduk med 350 mikron lysåpning, og sil 2 en silduk med 100 mikron lysåpning. Neddykket silareal var på maksimalt 0,5 m<sup>2</sup> for sil 1 og 1,0 m<sup>2</sup> for sil 2.

### 4.1. Karakterisering av avløpsvann

Renseanlegget mottok mye avløpsvann på grunn av nedbør. Sammensetningen av avløpsvannet for de totalt 13 prøveseriene som ble utført, er vist i tabell 2. Alle prøvene var stikkprøver. Konsentrasjonene endret seg relativt raskt, og de var generelt sett betydelig høyere etter vanlig arbeidstid enn midt på dagen.

**Tabell 2. Konsentrasjoner av avløpsvann ved fullskala testing med fellingskemikalier og polymerer på Bangsund renseanlegg.**

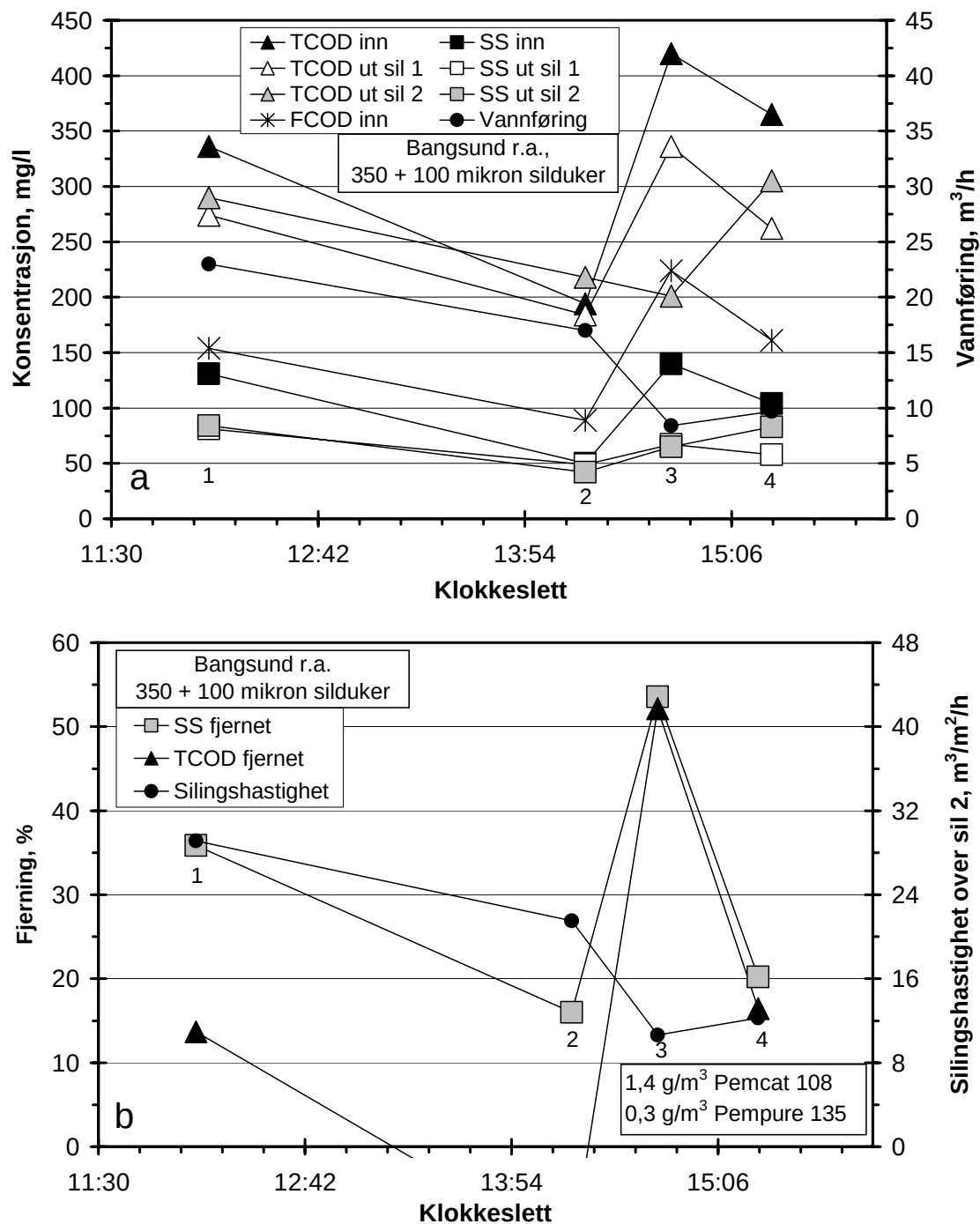
| Prøve-serie | Dag     | Tid for uttak av vannprøve | pH  | Konsentrasjoner, mg/L |      |      | FCOD/TCOD-forhold |
|-------------|---------|----------------------------|-----|-----------------------|------|------|-------------------|
|             |         |                            |     | SS                    | FCOD | TCOD |                   |
| 1           | Onsdag  | 12:04                      | 7,2 | 131                   | 154  | 336  | 0,46              |
| 2           | Onsdag  | 14:15                      | 7,2 | 50                    | 89   | 194  | 0,46              |
| 3           | Onsdag  | 14:45                      | 7,2 | 140                   | 224  | 420  | 0,53              |
| 4           | Onsdag  | 15:20                      | 7,2 | 104                   | 161  | 365  | 0,44              |
| 5           | Onsdag  | 17:40                      | 7,2 | 190                   | 161  | 388  | 0,42              |
| 6           | Onsdag  | 18:25                      | 7,2 | 222                   | 164  | 588  | 0,28              |
| 7           | Onsdag  | 18:40                      | 7,2 | 288                   | 211  | 539  | 0,39              |
| 8           | Torsdag | 13:00                      | 7,1 | 173                   | 98   | 296  | 0,33              |
| 9           | Torsdag | 13:45                      | 7,2 | 129                   | 93   | 200  | 0,47              |
| 10          | Torsdag | 16:05                      | 7,2 | 158                   | 98   | 318  | 0,31              |
| 11          | Torsdag | 16:25                      | 7,1 | 263                   | 114  | 373  | 0,31              |
| 12          | Torsdag | 16:57                      | 6,9 | 330                   | 67   | 469  | 0,14              |
| 13          | Torsdag | 17:20                      | 7,0 | 254                   | 87   | 414  | 0,21              |

FCOD/TCOD-forholdet varierte fra 0,14 til 0,53. Det var meget stabil pH, med verdier fra 6,9 til 7,2. Elleve av de tretten prøveseriene hadde innløps-pH på 7,1 eller 7,2.

### 4.2. Bruk av kationisk pluss anionisk polymer

Prøveserie 1 ble kjørt uten kjemikalier, mens prøveseriene 2, 3 og 4 ble kjørt med både kationisk og anionisk polymer. Den kationiske polymeren, Pemcat 108, ble tilsatt i utløpsrøret fra sil 1 i en dose på 1,4 g/m<sup>3</sup>. Den anioniske polymeren, Pempure 135, ble tilsatt i flokkuleringstrinnet i en dose på 0,3 g/m<sup>3</sup>. Resultatene er vist i figur 7. Store variasjoner i innløpskonsentrasjoner, og noe etterslep på sil 2 på grunn av oppholdstider i flokkuleringstrinnet

fra 9 til 25 minutter, ga litt uryddige resultater. I prøveserie 2 ble det for eksempel målt 5 % fjerning av TCOD etter sil 1, men en negativ renseeffekt på 12 % etter sil 2.



**Figur 7. Resultater fra fullskalatester med silene på Bangsund renseanlegg. Tallverdiene i figuren viser til prøveserie i tabell 2. Salsnes Filter siler type SF 2000 (sil 1) med 350 mikron silduk, og SF 4000 Fnokk (sil 2) med 100 mikron silduk, drevet i serie.**

Alle de fire prøveseriene hadde meget ugunstige FCOD/TCOD-forhold, fra 0,44 til 0,53. Prøveserie 3 var den eneste som klarte kravet om over 50 % fjerning av SS. Denne prøveserien hadde det ugunstigste FCOD/TCOD-forholdet, men også den laveste silingshastighe-

ten med  $11 \text{ m}^3/\text{m}^2$  dukareal/h over sil 2. Prøveserie 2 klarte det alternative konsentrasjonskravet for SS fordi innløpskonsentrasjonen var så lav som  $50 \text{ mg SS/l}$ .

Veid gjennomsnitt av resultatene fra de tre prøveseriene med tilsetning av kationisk og anionisk polymer viste ingen effekt av flokkuleringstrinnet og sil 2. Gjennomsnittlig fjerning av SS var 26 %, målt både i utløpet fra sil 1 og i utløpet fra sil 2.

#### 4.3. Bruk av bare kationisk polymer

Prøveseriene 5, 6 og 7 ble kjørt med bare kationisk polymer. Den kationiske polymeren, Pemcat 108, ble tilsatt i utløpsrøret fra sil 1 i en dose på  $1,4 \text{ g/m}^3$ . Resultatene er vist i figur 8. Med FCOD/TCOD-forhold fra 0,28 til 0,42 klarte alle 3 prøveseriene primærrensekravet. Lavest renseeffekt ble oppnådd i prøveserie 5, som hadde høyest silingshastighet ( $42 \text{ m}^3/\text{m}^2$  dukareal/h) og høyest FCOD/TCOD-forhold. Prøveserie 5 klarte 54 % fjerning av SS og 42 % fjerning av TCOD. I prøveseriene 6 og 7 ble det målt 68-69 % fjerning av SS.

Mesteparten av rensingen skjedde over sil 1. Veide middelerverdier for de 3 prøveseriene viser at flokkuleringen og sil 2 økte fjerningen av SS fra 53 % til 61 %, og fjerningen av TCOD fra 41 % til 49 %. Det ble observert en god filtermatte på sil 1, men fordi denne silen fjernet de fleste store partiklene var det bare en marginal filtermatte på sil 2.

#### 4.4. Bruk av polyaluminiumklorid og anionisk polymer

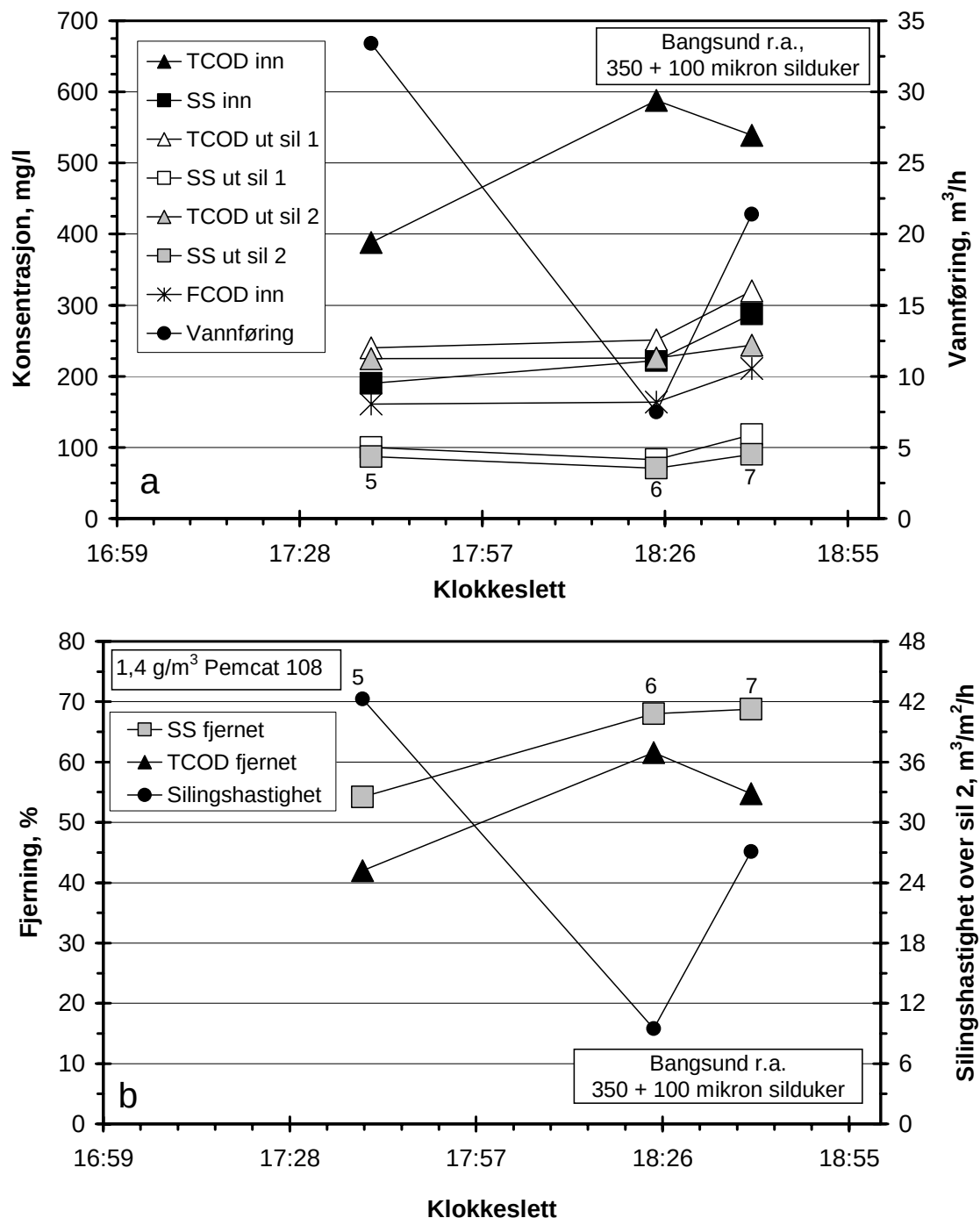
Resultatene fra prøveseriene 8 til og med 13 er vist i figur 9. Disse forsøkene ble kjørt med tilsetning av Ekoflock 90 til utløpsrøret fra sil 1 og den anioniske polymeren Pempure 135 til flokkuleringstrinnet. Doseringen av Ekoflock 90 var på  $90 \text{ ml/m}^3$  i prøveseriene 11 og 12, og på  $60 \text{ ml/m}^3$  i alle de andre prøveseriene. Doseringen av Pempure 135 var på  $0,4 \text{ g/m}^3$  i alle prøveseriene.

Det ble observert dårlig produksjon av fnokker i fullskalaanlegget, sammenlignet med det som tidligere ble observert i benkeskala forsøk. Fjerning av for mye partikler i sil 1 ble antatt å være en viktig årsak til dette, og for prøveseriene 12 og 13 ble derfor sil 1 kortsluttet, slik at avløpsvannet ikke hadde noen forbehandling før det kom til flokkuleringstrinnet.

Med to siler i serie (prøveserie 8 til 11) var det ingen prøver som klarte 50 % fjerning av SS. Prøveserie 9 hadde høyest FCOD/TCOD-forhold og den klart laveste fjerningen av TCOD. Både prøveserie 10 og prøveserie 11 hadde et FCOD/TCOD-forhold på 0,31, og disse prøveseriene illustrerer effekten av silingshastigheten. Med en silingshastighet på snaut  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2$  dukareal/h (serie 10) ble det oppnådd 46 % fjerning av SS og 45 % fjerning av TCOD. Med en silingshastighet på  $36 \text{ m}^3/\text{m}^2$  dukareal/h (serie 11) sank renseeffektene til 34 % for SS og 27 % for TCOD, til tross for at doseringen av Ekoflock 90 økte til  $90 \text{ ml/m}^3$  og dermed mer enn kompenserte for den økte innløpskonsentrasjonen i denne prøveserien.

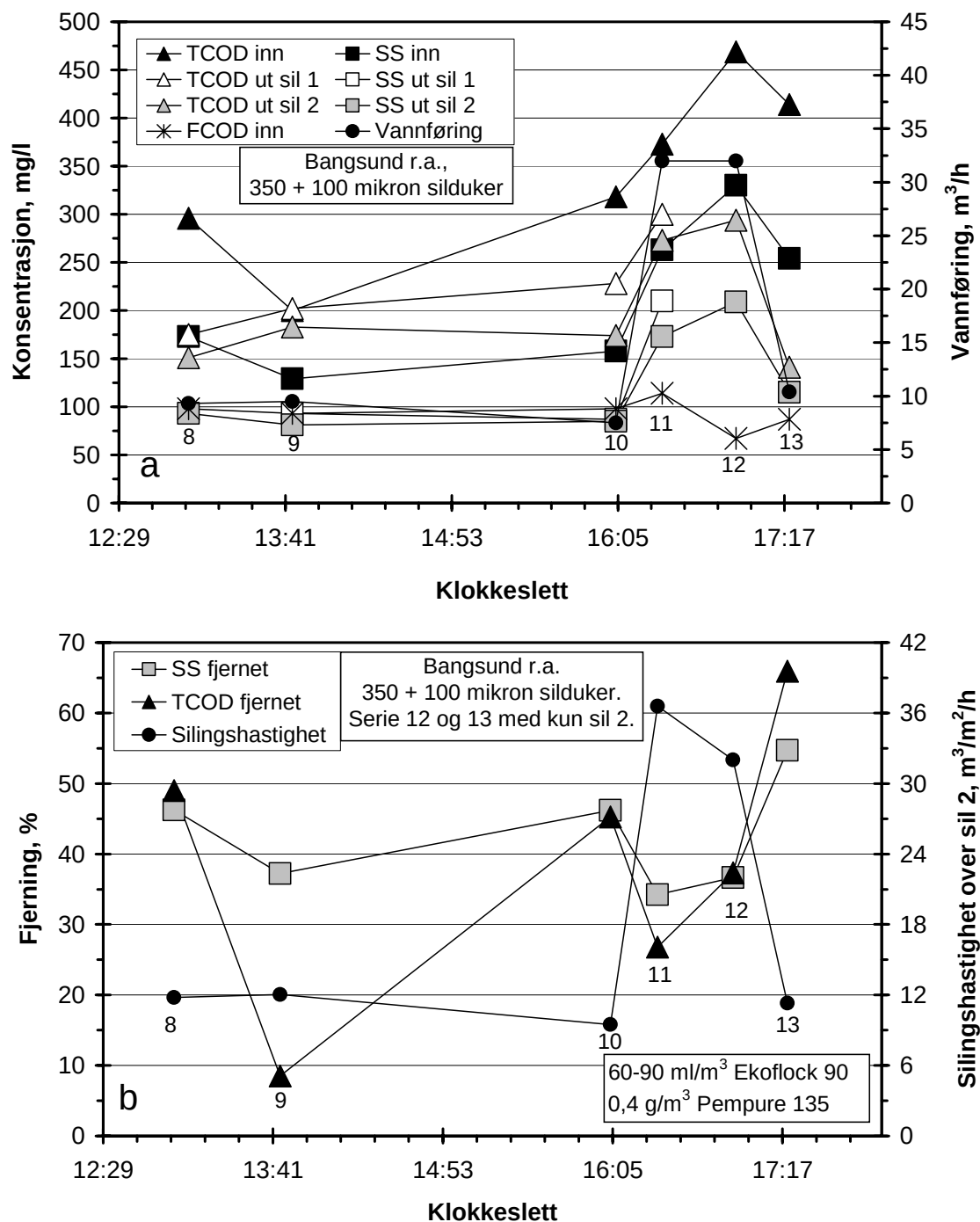
For prøveseriene 8 til 11 ble det observert en brukbar filtermatte på sil 1 og kun en meget tynn filtermatte på sil 2. På silduken i sil 2 lå fnokkene og rullet som ei tynn pølse, og det virket som silduken på 100 mikron hadde en så glatt struktur at det var vanskelig å frakte fnokkene opp fra vannfasen.

Med kun sil 2 i drift i prøveseriene 12 og 13, ble igjen silingshastighetens betydning for renseresultatet demonstrert. Med  $90 \text{ ml/m}^3$  Ekoflock 90 og en silingshastighet på  $32 \text{ m}^3/\text{m}^2$  dukareal/h ble det oppnådd 37 % fjerning av både SS og TCOD. Med  $60 \text{ ml/m}^3$  Ekoflock 90 og silingshastigheten redusert til  $11 \text{ m}^3/\text{m}^2$  dukareal/h, økte renseeffektene til 55 % for SS og 66 % for TCOD. Dermed var prøveserie 13 den eneste som klarte primærrensekravet for SS.



**Figur 8. Resultater fra fullskalatester med silene på Bangsund renseanlegg. Tallverdiene i figuren viser til prøveserie i tabell 2. Salsnes Filter siler type SF 2000 (sil 1) med 350 mikron silduk, og SF 4000 Fnokk (sil 2) med 100 mikron silduk, drevet i serie.**

Med den relativt høye silingshastigheten i prøveserie 12 var filtermatten på sil 2 temmelig tynn, selv om sil 1 var satt ut av drift. I prøveserie 13, ved betydelig lavere silingshastighet, ble det igjen observert at duken på 100 mikron virket glatt og at det ville være gunstig med en grovere struktur som kunne frakte fnokkene ut av vannet.



**Figur 9. Resultater fra fullskalatester med silene på Bangsund rensanlegg. Tallverdiene i figuren viser til prøveserie i tabell 2. Salsnes Filter siler type SF 2000 (sil 1) med 350 mikron silduk, og SF 4000 Fnokk (sil 2) med 100 mikron silduk, drevet i serie.**

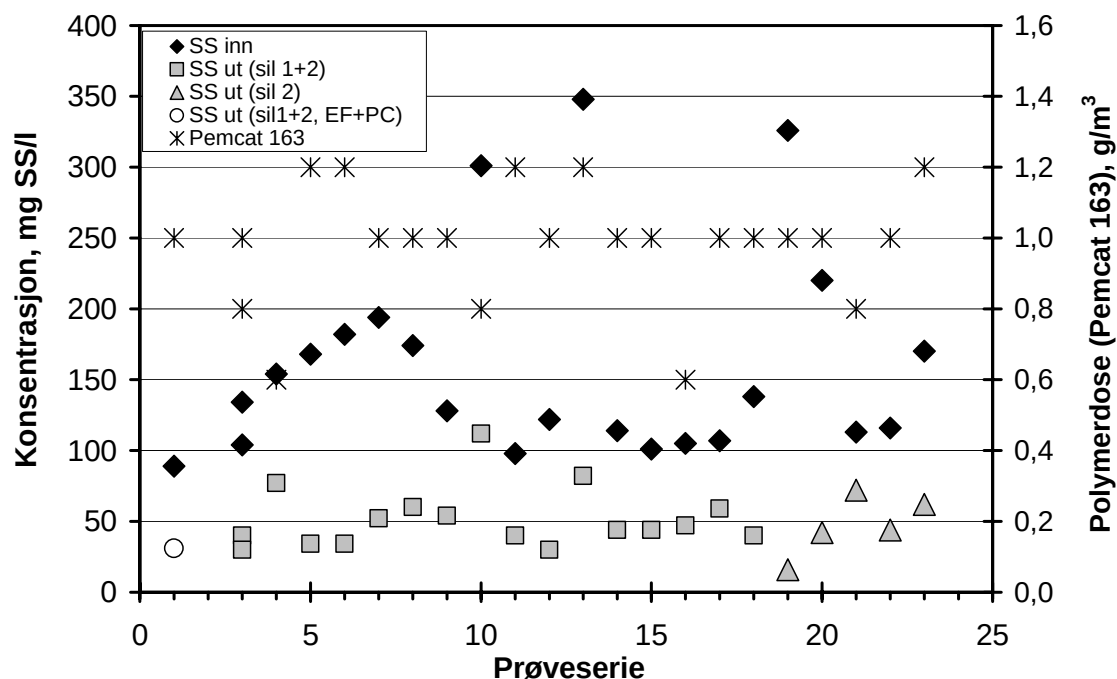
For prøveseriene 8 til 11 ble pH gjennom fellingstrinnet bare redusert med 0,0 til 0,3 pH-enheter, slik at pH varierte fra 6,8 til 7,1. For prøveseriene 12 og 13 sank imidlertid pH med 0,6 og 0,9 pH-enheter, til en fellings-pH på henholdsvis 6,4 og 6,1.

## 5. Fullskalaforsøk i lokal regi

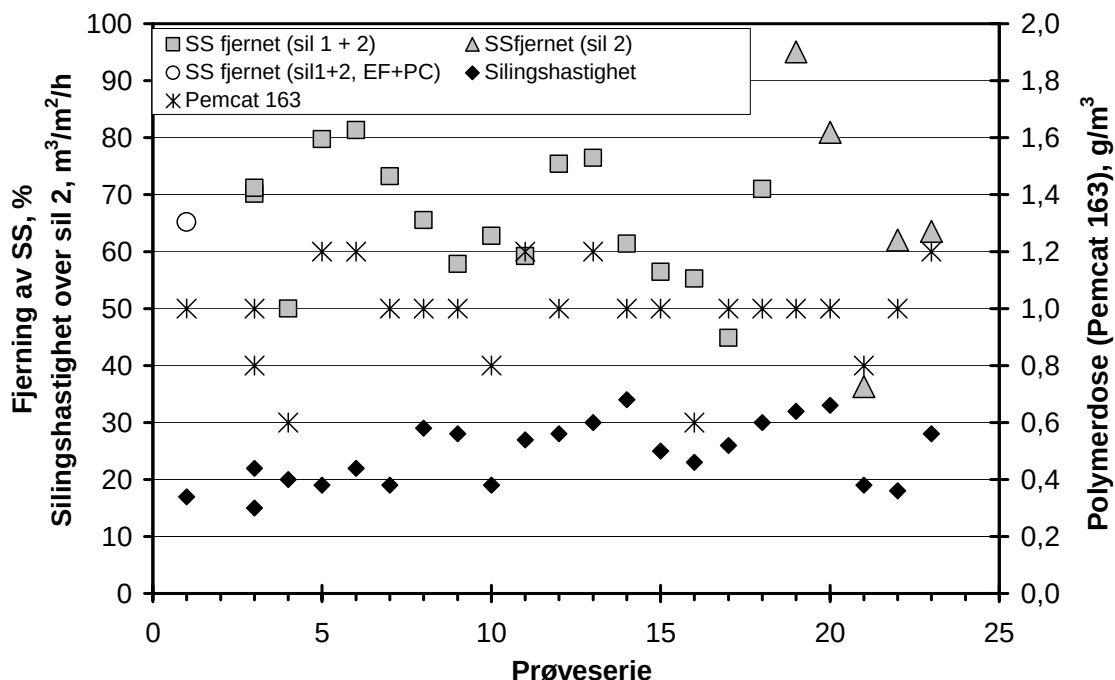
Aquateams observasjoner under fullskallatesting indikerte at Bangsund renseanlegg bør drives slik at betydelig flere store partikler kommer inn til flokkuleringstrinnet, for derved å hjelpe til med fnokkoppybyggingen. Dette kan gjøres enten ved å bruke bare én sil, eller ved å bytte til en betydelig åpnere silduk i den første silen. Aquateam anbefalte også å prøve en duk med mer ruglete overflate i sil 2, gjerne ved å velge en duk med noe større lysåpning enn den opprinnelige duken på 100 mikron.

Kort tid etter Aquateams besøk ble det byttet duker på silene, slik at sil 1 har en duk med 840 mikron lysåpning og sil 2 har en duk med 250 mikron lysåpning. Siden styrings- og overvåkningssystemet ikke er helt ferdig, har det ikke vært mulig å ta vannmengdeproporsjonale døgnblandprøver på renseanlegget. Det har imidlertid blitt tatt en rekke stikkprøver av innløpsvann og utløpsvann fra den 27. september til den 11. november, 2004. Disse prøvene har blitt sendt til et eksternt laboratorium for måling av SS.

Resultatene fra de 23 prøveseriene er vist i figurene 10 og 11. I prøveserie 1 ble det dosert 30 ml/m<sup>3</sup> med Ekoflock 90 (EF), i tillegg til 1 g/m<sup>3</sup> med den kationiske polymeren Pemcat 163 (PC). I alle de andre prøveseriene ble det kun dosert polymer, i mengder fra 0,6 til 1,2 g/m<sup>3</sup>. Bytte av kationisk polymer, fra Pemcat 108 til Pemcat 163, var etter anbefaling fra polymerleverandøren. De fleste prøveseriene ble kjørt med de to finsilene i koblet i serie, men det ble også kjørt fem prøveserier med bare sil 2 i drift.



**Figur 10.** SS konsentrasjoner og polymerdoseringer fra fullskallatester med flokkulering mellom silene på Bangsund renseanlegg, i perioden fra 27/9 til 11/11, 2004. Salsnes Filter siler type SF 2000 (sil 1) med 840 mikron silduk, og SF 4000 Fnokk (sil 2) med 250 mikron silduk.



**Figur 11. SS-fjerning, silingshastighet og polymerdoseringer fra fullskalatester med flokkulering mellom silene på Bangsund renseanlegg, i perioden fra 27/9 til 11/11, 2004. Salsnes Filter siler type SF 2000 (sil 1) med 840 mikron silduk, og SF 4000 Fnokk (sil 2) med 250 mikron silduk.**

Disse fullskalaforsøkene har vist at man kan oppnå gode resultater på dette anlegget ved dosering av meget små mengder med en kationisk polymer. Av de 23 prøveseriene var det kun én serie som ikke klarte SS-kravet til primærrensing, og dette må anses som meget bra. Det var riktignok 2 prøveserier som ikke klarte 50 % fjerning av SS, men i det ene tilfellet var utløpskonsentrasjonen under det alternative konsentrasjonskravet på 60 mg SS/l (SFT, 2003).

For den ene prøven som ikke klarte primærrensekravet var polymerdoseringen på kun 0,8 g/m<sup>3</sup>. Dette var sannsynligvis i minste laget, selv om det i et par av prøveseriene ble oppnådd akseptable resultater ved doseringer på 0,6 g polymer/m<sup>3</sup>. En totalvurdering av resultatene indikerer at en optimal dosering for dette anlegget vil være på ca. 1 g polymer/m<sup>3</sup>.

Midlere renseeffekt for SS, basert på de 23 prøveseriene med stikkprøver, var 66 %. Den høyeste renseeffekten var på 95 %, og den ble oppnådd uten bruk av sil 1 og med en betydelig filtermatte på sil 2.

## 6. Referanser

SFT (2003) Forslag til forskrift om utslipp av avløpsvann (avløpsforskriften). 24. juni.

Rusten B. og Lundar A. (2004) PRIMÆRRENS prosjekt 4: Etablering av kriterier for dimensjonering, utforming og drift av finsilanlegg. (Foreløpig utgave). Aquateam rapport nr. 04-041, november.