

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

O - 96/66

Partikkelinnhold i produksjonsvannet
til A/S Follum Fabrikker, Hønefoss

Saksbehandler: Cand. real. Olav Skulberg

Rapporten avsluttet: 15. oktober 1968

INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side:
FORORD	4
1. INNLEDNING	5
2. VASSDRAG OG VANNKVALITET	5
3. METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD	9
4. UNDERSØKELSE AV PARTIKKELINNHALDET I RÅVANN OG BEHANDLET VANN	11
5. PRAKTISKE KONKLUSJONER	15

TABELLFORTEGNELSE

	Side:
1. Hydrografiske forhold i Sperillen 19. juni 1963	7
2. Kjemiske og fysiske forhold i Ådalselva ved Støa. Observasjonsperiode 16. januar - 31. august 1967	8
3. Middelvannføringen i m ³ ved Killingstryken vannmerke i Ådalselva for perioden 1921 - 1950	9
4. Sestoninnhold i råvann (prøvested II) og behandlet vann (prøvested I)	13

FIGURFORTEGNELSE:

1. Daglig nedbør og temperatur på Eggemoen værstasjon. 1/1 - 30/9 1967	10
2. Daglige vannføringer i Ådalselva ved Killingstryken vannmerke. 1/1 - 30/9 1967	10
3. Vannets innhold av seston. Prøvested I. 10/1 - 19/9 1967	12
4. Vannets innhold av seston. Prøvested II. 10/1 - 19/9 1967	12
5. Fotografi av metallsilduk nr. 100	14

F O R O R D

I september 1966 mottok vårt institutt en henvendelse fra A/S Follum Fabrikker, Hønefoss, angående problemer med fabrikkens produksjonsvann. Den behandling som råvannet fra Ådalselva fikk i fabrikkens renseanlegg, var ikke tilstrekkelig til å unngå at det i perioder oppstod vanskeligheter med papirmaskinene som følge av partikkelinnhold i produksjonsvannet.

Etter samtaler med fabrikkens representanter, ble det i november 1966 lagt opp et undersøkelsesprogram som skulle gi opplysninger om partikkelinnholdet i produksjonsvannet for vurdering av tiltak som kunne bedre situasjonen for fabrikkens. Denne undersøkelse ble utført i tidsrommet 10. januar - 19. september 1967.

På grunn av instituttets arbeid med de regionale undersøkelser for Østlandskomiteen, er det blitt betydelig forsinkelse med utarbeidelse av denne rapport.

Blindern, 15. oktober 1968

Olav Skulberg

1. INNLEDNING

De ulemper A/S Follum Fabrikker har bl.a. når det gjelder produksjonsvannets kvalitet, er at forurensninger har uheldige virkninger for papirfabrikasjonen. I perioder med høyt innhold av partikulære forurensninger oppstår det f.eks. vanskeligheter med papirmaskinene, og det kan være problemer under trykking ved bruk av papir som er fremstilt under slike forhold. Det er erfaring for at vanskelighetene er størst under perioder med høy vannføring i vassdraget.

Bedriftens inntak av råvann fra Ådalselva ligger ved kraftverksdammen ved Hoffsfoss, ca. 17 km nedstrøms for Sperillen. Inntaket er til dels koblet sammen med inntaket til vannverket for Hønefoss.

Vannet til A/S Follum Fabrikker passerer først et grovt filter, og blir deretter behandlet med roterende trommelsiler med metallsilduk nr. 100. Ved den etterfølgende klorering blir det tilsatt 1 kg klorgass pr. time. Når vannføringen er 35 m^3 pr. minutt, doseres $0,48 \text{ mg Cl}_2$ pr. liter. Restklormengden etter denne dosering er angitt å være ca. $0,05 \text{ mg Cl}_2$ pr. liter.

2. VASSDRAG OG VANNKVALITET

Opplysninger om Ådalselva finnes i følgende rapporter fra Norsk institutt for vannforskning:

- 0 - 348: Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Ådalselva, Randselva og Storelva 1963 - 1964. Blindern 1965.
- 0 - 110/65: Vannforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene. Rapport I. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Del 2. Begnavassdraget. Blindern 1967.
- 0 - 102/65: Undersøkelser av Begna 1966 - 1967. Rapport under utarbeidelse. Blindern 1968.

Den største innsjøen i Begnavassdraget er Sperillen som har en lengde på 25 km og et overflateareal på 37 km^2 . Største målte dyp er 123 m. Vannflaten reguleres mellom kotene 152,4 og 154,7 m.o.h. Reguleringsmagasinet

i Sperillen utgjør 86,8 mill. m³. Da Sperillen har en vesentlig innflytelse på vannkvaliteten i Ådalselva, vil det bli gitt noen flere opplysninger om hydrografiske forhold i innsjøen.

Observasjonsmaterialet er meget begrenset, og innskrenker seg til en undersøkelse utført 19. juni 1963. Vannprøver ble innsamlet fra flere dyp, og analyseresultatene er gjengitt i tabell 1. På prøvetakingsdagen var sprangsjiktet utformet i 8 - 12 m dyp. Temperaturen i dyplagene var ca. 4°C. Oksygenmetningen varierte fra ca. 100% i overflatelagene og til mellom 85 - 90% i dyplagene. Vannmassene hadde en nøytral eller svakt sur reaksjon. Elektrolyttinnholdet var lavt, den spesifikke elektrolytiske ledningsevnen varierte i området 17,8 - 22,5 µS/cm, 20°C. Fargeverdiene varierte hovedsakelig mellom 15 og 20 mg Pt/l. Permanganattallene var av størrelsesorden 2,8 mg O/l. Innholdet av jern- og manganforbindelser var mindre enn påvisningsgrensen for de anvendte kjemiske metoder.

Undersøkelser av vannkvaliteten i Ådalselva i tidsrommet september 1966 - august 1967 er utført basert på prøvetaking ved Støa. Stasjonen ligger ca. 0,5 km ovenfor tettbebyggelsen ved Hen. Det ble i undersøkelsesperioden innsamlet 25 serier med vannprøver. I tabell 2 er analyseresultater for tidsperioden januar - august 1967 gjengitt.

Vannets pH varierte stort sett i området 6 - 7. De laveste verdier ble observert i vinterhalvåret. Vannet hadde et lavt innhold av oppløste salter. Den spesifikke elektrolytiske ledningsevne lå i området 16 - 24 µS/cm, 20°C.

Vannet om vinteren var relativt lite belastet med partikulært og organisk materiale. Men under vårflommen og under kraftige regnperioder var partikkeltransporten betydelig. I den største delen av undersøkelsesperioden varierte verdiene for farge (ufiltrent) i området 15 - 20 mg Pt/l, mens det i flomperiodene ble målt opp til 50 mg Pt/l. Turbiditetsverdiene var vanligvis < 1 mg SiO₂/l, men under flomperiodene var det betydelig høyere verdier.

Vannets organiske belastning var relativt lav i hele undersøkelsesperioden. Permanganattallene varierte i området 1,8 - 3,4 mg O/l.

Vannets innhold av jern- og manganforbindelser varierte i områdene 40 - 265 µg Fe/l og < 5 - 67 µg Mn/l. Vannets jerninnhold var på enkelte observa-

Tabell 1. Hydrografiske forhold i Sperillen 19. juni 1963.

m dyp	Temp. °C	Oksygen		pH	Spes.ledn.e. 20°C, µS/cm	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Perm.tall mg O/l	Total hårdhet mg CaO/l	Jern µg Fe/l	Mangan µg Mn/l
		mg O ₂ /l	% O ₂								
1	14,90	9,6	98,2	6,9	19,2	15	0,8	2,5	4,7	Ikke påvist	Ikke påvist
4	14,82	9,8	99,1	7,0	19,3	13	0,7	2,8			
8	12,75	10,3	100,3	6,9	19,1	15	1,0	2,5			
10	8,40	10,7	94,0	6,7	18,9	18	1,1	2,8	4,6	"	"
12	6,73	10,8	91,6	6,8	18,8	17	1,1	2,6			
16	5,42	11,1	91,2	6,7	19,6	15	0,9	2,8	4,6	"	"
20	4,58	11,3	90,0	6,7	18,2	17	1,1	2,8			
30	4,08	11,2	88,7	6,7	17,9	18	1,1	3,0	4,7	"	"
50	4,02	11,3	89,3	6,7	17,8	17	0,5	2,6			
70	3,99	11,2	88,6	6,7	18,0	18	0,7	2,9	5,0	"	"
105	3,95	11,0	86,4	6,7	18,1	22	1,0	2,8	4,4	"	"

Tabell 2. Kjemiske og fysiske forhold i Adalselva ved Støa.
 Observasjonsperiode 16. januar - 31. august 1967.

Dato 1967	Temp. °C	pH	Spes.ledn.e. 20°C, µS/cm	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Perm.tall mg O/l	Fosfat, orto µg P/l	Fosfat, total µg P/l	Nitrat µg N/l	Jern µg Fe/l	Mangan µg Mn/l
16/1	0,0	6,7	19,3	13	0,5	1,8	2	9		47	7
13/2	0,0	6,7	19,4	14	0,4	2,4	< 2	45	130	50	23
6/3	0,5	6,5	19,0	14	0,7	2,4	< 2	5	113	65	5
31/3		6,6	18,8	17	1,2	1,8	< 2	10	150	158	19
3/4		6,7	19,4	17	1,3	2,3	4	12	120	142	11
22/5	4,3	6,7	17,2	14	0,6	2,5	< 2	7	75	81	13
16/6	11,6	6,9	18,5	26	1,9	3,4	-	-	61	70	14
3/8	16,0	6,6	20,4	23	2,1	2,2	< 2	9	80	140	67
10/8	16,3	6,8	18,6	18	7,1	2,2	< 2	19	65	265	28
17/8	15,4	6,9	18,9	15	1,0	2,1	< 2	6	73	40	13
25/8	16,2	7,0	18,5	12	0,8	1,8	< 2	6	64	55	12
31/8	16,0	7,1	19,0	12	6,4	2,1	< 2	7	68	80	12

sjonsdager relativt høyt. Korrelasjonskoeffisienten mellom jern og turbiditet er ca. 0,5, og det er således ikke noen sikker systematisk sammenheng mellom vannets jerninnhold og elvens vannføring eller turbiditetsbelastning.

Innholdet av nitrat og totalfosfat varierte henholdsvis i områdene 61 - 150 $\mu\text{g N/l}$ og 5 - 45 $\mu\text{g P/l}$. Vannets nitratinhold var lavt på alle prøvetakingsdager. Fosfatverdiene var også som regel lave, men i enkelte prøver ble det målt relativt høye verdier.

3. METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD

Nedbørfeltet til Begnavassdraget har innlandsklima. Den årlige nedbør er forholdsvis liten, ca. 500 - 600 mm. De største nedbørmengder faller normalt om høsten. Sommeren er relativt varm og vinteren kald.

I undersøkelsesperioden var nedbøren til dels betydelig større enn normalt. Særlig var det store nedbørmengder i mai og juli 1967. De månedlige middeltemperaturer lå stort sett under det normale i denne perioden. Imidlertid hadde februar og mars middeltemperaturer på 3 - 4°C over det normale. Daglig nedbør og temperatur på Eggemoen værstasjon, Det norske meteorologiske institutt, er inntegnet på figur 1.

De månedlige middelvannføringer i perioden 1921 - 1950 for Ådalselva ved Killingstryken (utløpet fra Sperillen) er gjengitt i tabell 3.

Tabell 3. Middelvannføringen i m^3 ved Killingstryken vannmerke i Ådalselva for perioden 1921 - 1950.

Måned	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.	Året
Vannføring i m^3/sek	19,7	14,7	13,8	54,2	258	221	137	111	101	18,7	48,6	30,3	91,3

De daglige vannføringer ved Killingstryken vannmerke i undersøkelsesperioden er tegnet i figur 2. Opplysningene om vannføring er gitt av Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.

Normalt er vannføringen i Ådalselva om vinteren 4 - 5 ganger under middelvannføringen (91,3 m^3/sek). I april begynner vannstanden i elven å stige. Vannstandsøkningen skyldes da snøsmeltningen i lavlandet (lavlandsflommen).

Fig.1 Daglig nedbør og temperatur på Eggemoen værstasjon,
1/1 - 30/9 1967

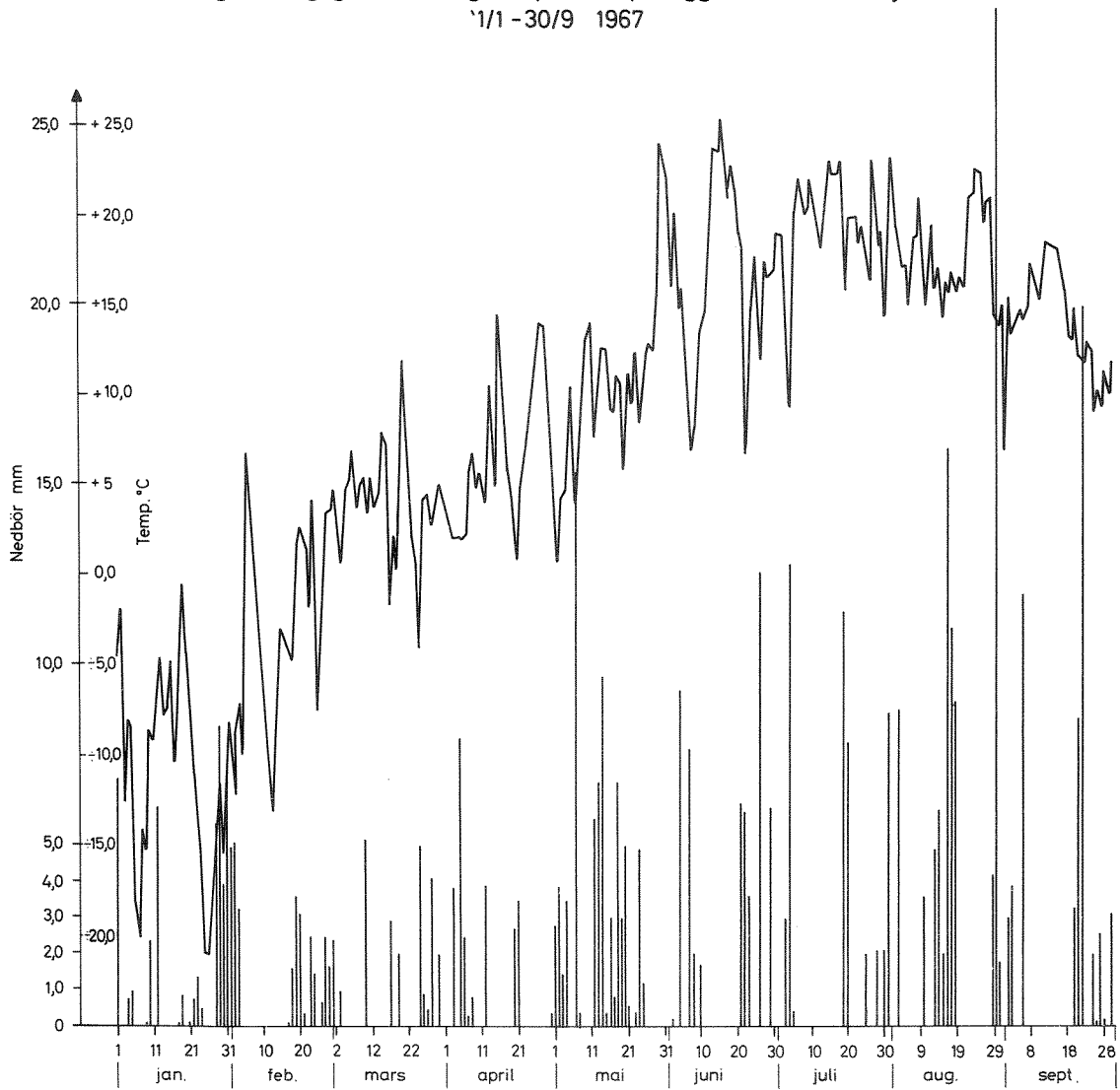
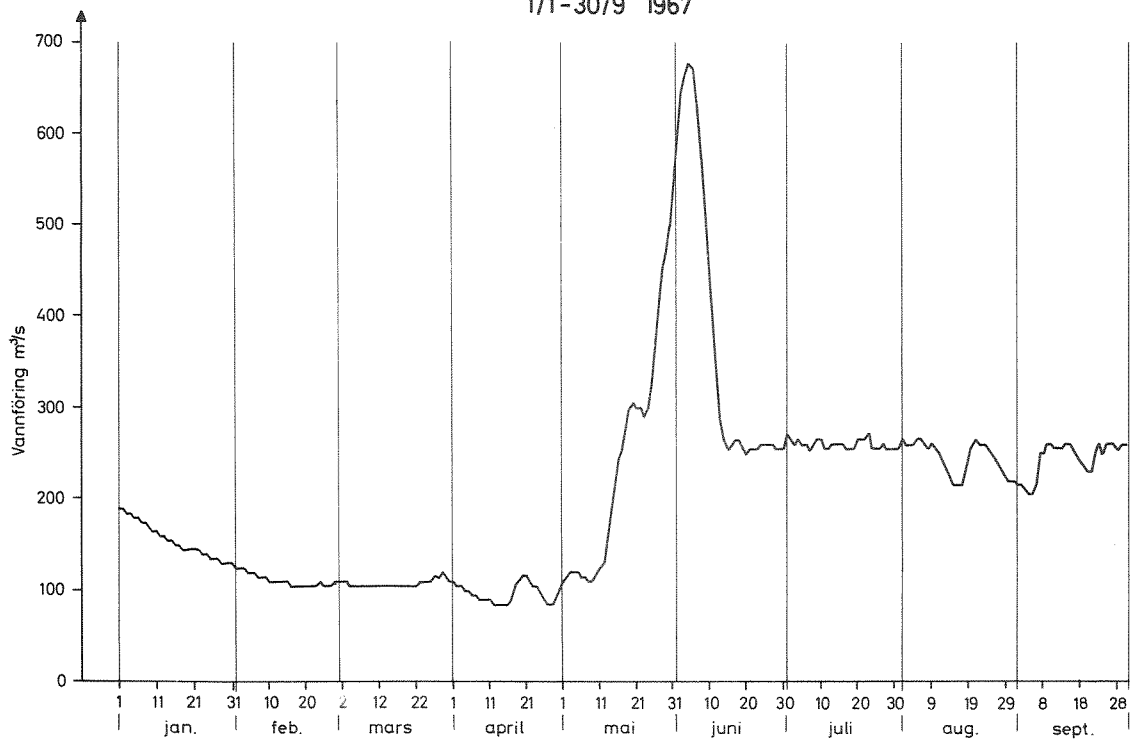


Fig.2 Daglige vannføringer i Ådalselva ved Killingstryken vannmerke,
1/1 - 30/9 1967



I mai begynner så snøsmeltingen i fjellet, og vannføringen i elven øker raskt. Vårflommen når vanligvis sitt maksimum i månedsskiftet mai/juni. I observasjonsperioden 1900 - 1950 lå den gjennomsnittlige størstevannføring på $452 \text{ m}^3/\text{sek}$ ved Killingstryken, mens den største observerte vannføring i samme periode var $704 \text{ m}^3/\text{sek}$, målt den 1. juni 1917. Om sommeren er vannføringen normalt noe i overkant av $100 \text{ m}^3/\text{sek}$, og synker så utover høsten.

Den laveste observerte minstevannføring i perioden 1900 - 1950 var $7,1 \text{ m}^3/\text{sek}$.

I hele undersøkelsesperioden hadde Ådalselva stor vannføring, bare noen dager i april var vannføringen under $100 \text{ m}^3/\text{sek}$. Lavlandsflommen i 1967 varte i ca. 10 dager fra 15. april - 25. april, og fra begynnelsen av mai begynte snøsmeltingen i fjellet. Utover sommeren lå vannføringen på ca. $260 \text{ m}^3/\text{sek}$.

4. UNDERSØKELSE AV PARTIKKELINNHOLDET I RÅVANN OG BEHANDLET VANN

I tiden 10. januar - 19. september 1967 ble det daglig eller med få dagers mellomrom samlet inn prøver av vannet før og etter rensing. Vannprøvene ble filtrert gjennom membranfiltre (MF:50, 50 mm). Vannets innhold av levende og døde partikler (seston) ble målt reflektometrisk på membranfiltrene.

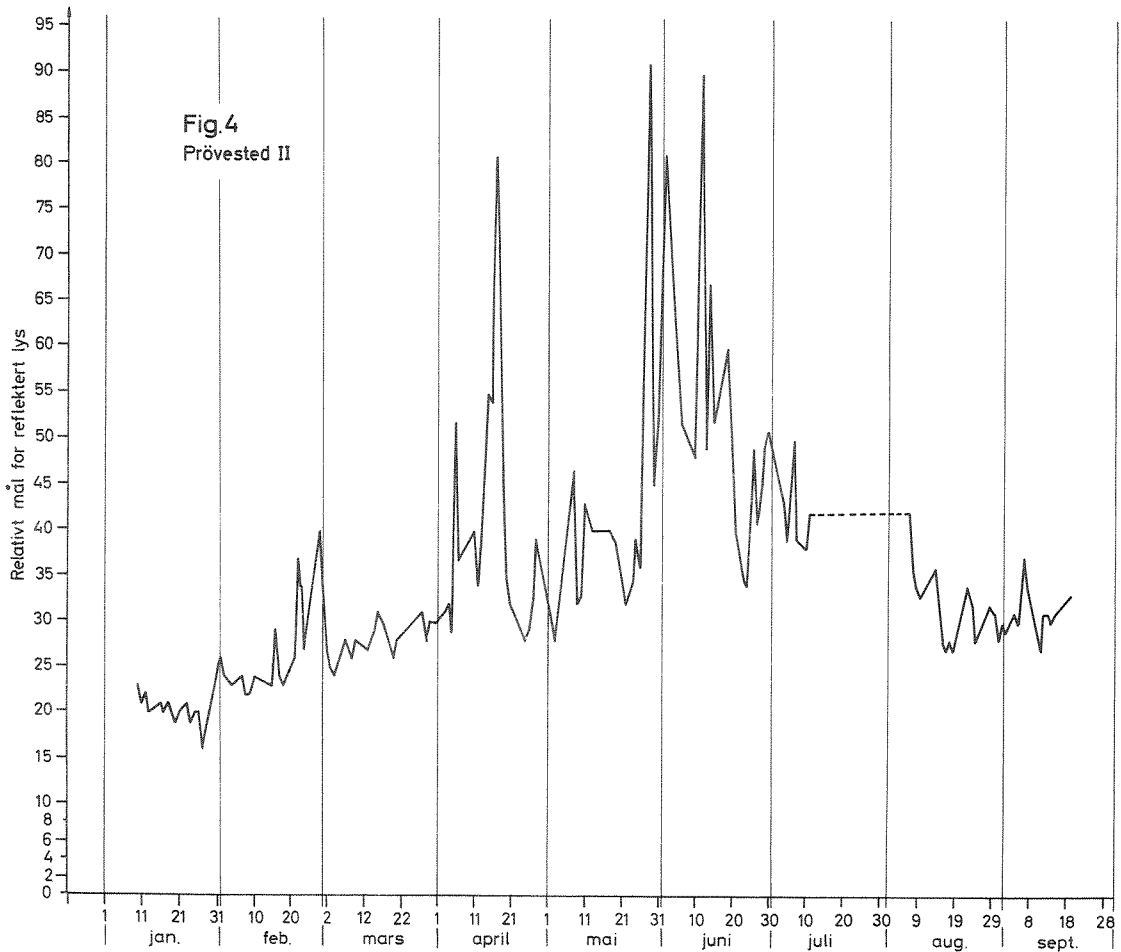
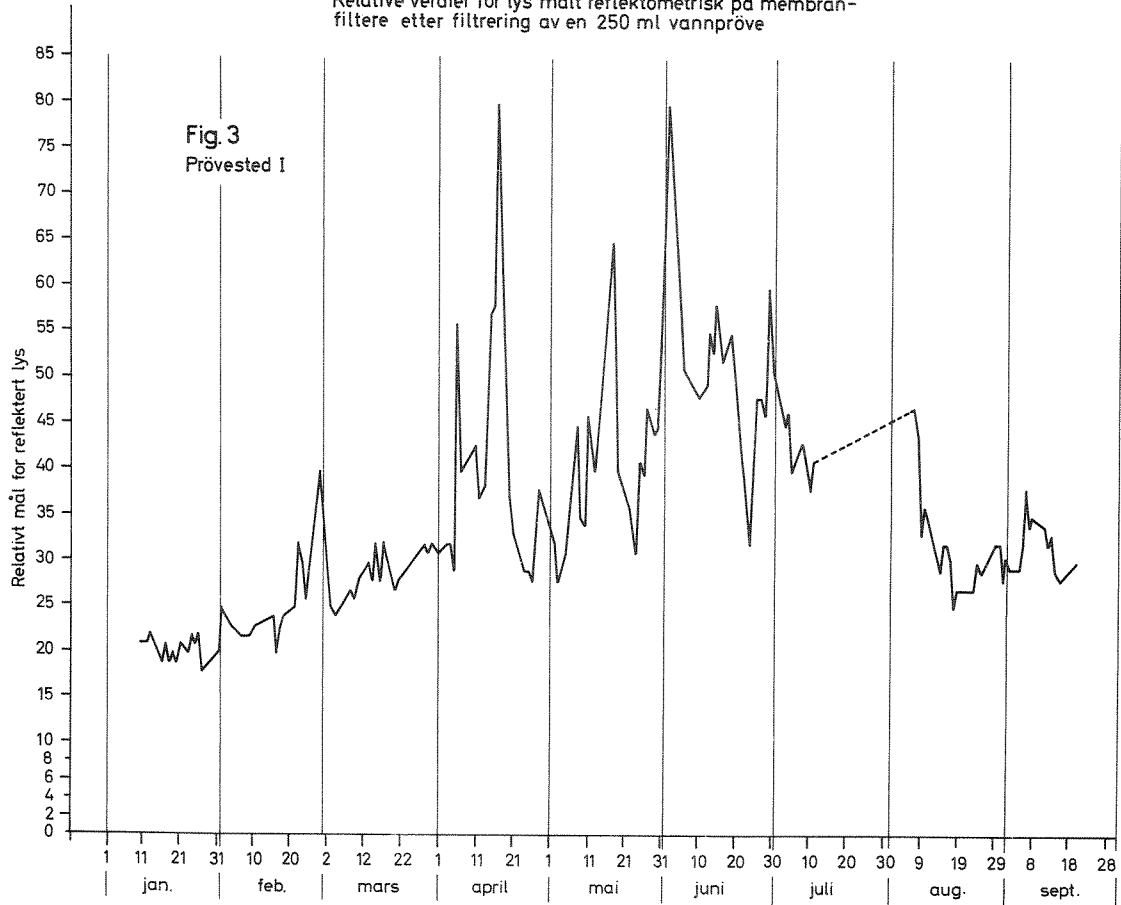
Variasjon i sestoninnholdet henholdsvis før (prøvested II) og etter rensing (prøvested I) fremgår av figur 4 og 3. Høye reflektometerverdier svarer til høyt sestoninnhold.

Av figurene 3 og 4 fremgår det at sestoninnholdet regelmessig er det samme i råvannet som i det behandlede vannet. Dette viser at renseprosessen har liten eller ingen virkning. Det er likevel klart at partikler større enn 100 mikron som holdes tilbake på de roterende trommelsiler, også ville ha laget problemer i papirfabrikasjonen.

Ved å sammenlikne kurvene over sestoninnholdet med vannføringstallene (figur 2), ser man at flomtoppen i månedsskiftet mai/juni faller delvis sammen med eller etterfølges av generelt høye sestonverdier, særlig i det behandlede vannet. Dette var å vente på grunn av den økte partikkelfrakt som følger med flommen. Det kan synes å være en liknende sammenheng mellom den jevnt høyere vannføringen om sommeren kontra vinteren og forholdet mellom sestonverdiene i de samme tidsrommene. Imidlertid er det ofte plutselige forandringer i sestoninnholdet som den langsomt foranderlige vannføringen ikke kan forklare.

Vannets innhold av seston Follum Fabrikker,
10/1-19/9 1967

Relative verdier for lys målt reflektometrisk på membran-
filtre etter filtrering av en 250 ml vannprøve



Det kunne tenkes at lokal snøsmelting, plutselige regnskyl eller en regnværperiode ville medføre utskylning av løsmateriale og økt partikkelinnhold i elven. Det kan synes å være en viss forbindelse mellom nedbøren 5. april, 7. mai og muligens også 26. juni (figur 1) og små topper i sestonverdiene, men nedbørmengdene og elvens partikkeldrift er stort sett lite samstemte. Særlig er det høye innhold av seston 17. april vanskelig å forklare.

Utvalgte membranfiltre er blitt mikroskopert for å finne hvilke typer partikler sestonet består av. Resultatene av mikroskoperingen er vist i tabell 4. Romertallene II og I refererer seg til prøvestedene henholdsvis før og etter rensing. Reflektometerverdiene er ikke direkte sammenliknbare med de øvrige tallene i tabellen. De siste er et uttrykk for en subjektiv vurdering av hvilke bestanddeler som har betydning for reflektometerverdiene. Ved denne subjektive vurdering av kvantitetsmessig forekomst av partikler er følgende betegnelser benyttet:

<u>Symbol:</u>	<u>Betydning:</u>
1	Uvesentlig forekomst
2	Liten forekomst
3	Betydelig forekomst
4	Stor forekomst
5	Meget stor forekomst

Tabell 4. Sestoninnhold i råvann (prøvested II) og behandlet vann (prøvested I).

Seston	27/1-67		6/4-67		17/4-67		29/5-67		2/6-67		12/6-67	
	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I
Reflektometerverdi	18	16	52	56	81	80	91	44	81	80	90	49
1 - 2 μ store mineralpartikler	3-4	3-4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4
Større humus- og mineralpartikler	1		2	2	2	2	3	2	3	3	3	2
Diatomēer	1	1	3	3	3	3	4	3	3	3	3-4	2
Annet (fibre, rester av organismer etc.)	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	3	2

Det fremgår av tabellen at det stort sett er mengden av små mineralpartikler som er utslagsgivende for sestonverdiene.

Videre ser man at det er stor overensstemmelse mellom de to prøvestedene både med hensyn til totalt partikkelinnhold og materialets sammensetning. Dette er en ytterligere bekreftelse på renseprosessens ineffektivitet. To unntak har man for 29. mai og 12. juni, der verdiene for prøvested II (før rensing) ligger markert over prøvested I. Forskjellen synes først og fremst å være betinget av de større mengdene av diatoméer og andre relativt store partikler på filtrene fra prøvested II. Diatomébestanden var mest preget av storcellede og delvis kjededannende Tabellaria flocculosa. Renseprosessen kan således synes å være delvis effektiv når det gjelder å fjerne større partikler. Imidlertid svekkes denne konklusjonen av at disse partiklene ikke er uvanlige på membranfiltrene selv etter rensing (f.eks. 17. april og 2. juni). I de tilfellene der man har konstatert en viss forskjell i mengden av dem før og etter rensing (29. mai og 12. juni), er det samtidig funnet en del fibre og rester av trådformede alger. Disse er ikke særlig tallrike, men hvis de akkumuleres på renseduken, vil denne etter hvert bli mer virksom.

Hovedkonklusjonen blir at renseanlegget bare i få tilfeller har merkbar innvirkning på vannets sestoninnhold.

I figur 5 er gjengitt et fotografi av metallsilduken til de roterende trommelsiler. Metalltrådenes diameter er 67 mikron, maskeåpningene er 100 mikron x 100 mikron store.

5. PRAKTISKE KONKLUSJONER

1. Metallsilduken på de roterende trommelsiler har bare liten innvirkning på vannets sestoninnhold^{x)}. Hovedmengden av partikler i ellevannet er mindre enn 100 mikron og passerer igjennom silduken.
2. Partiklene i ellevannet består hovedsakelig av mineralpartikler, humuspartikler, planktonorganismer (fra Sperillen) og løsrevne organismer eller fragmenter av organismer fra begroingene i elven.
3. Det gjør seg gjeldende betydelige variasjoner i mengdemessig forekomst av seston. Årsakssammenhengen som dette har med vannføringsvekslinger, meteorologiske forhold og biologiske prosesser, er vanskelig å utrede detaljert.
4. Partikkelinnholdets natur gjør det vanskelig å rense vannet med mekaniske metoder. Finmaskede siler - som mikrosiler - kan fjerne større deler av partikkelinnholdet enn de nåværende trommelsiler. Det kan imidlertid være vanskelig å presisere de krav fabrikken bør stille til produksjonsvannets partikkelinnhold. Bruk av siler må derfor eventuelt baseres på praktiske forsøk i fabrikken.
5. Mulighetene til å skaffe naturlig infiltrasjonsvann fra geologiske dannelser ved Ådalselva antas å ligge godt til rette både kvalitetsmessig og teknisk, og anbefales nærmere utredet.

x) seston = partikler, i praksis de partikler som lar seg filtrere fra vannet.