RAPPORT NR. 5

GUDENÅUDVALGET · FORURENINGSUNDERSØGELSE AF GUDENÅSYSTEMET

# GUDENÅUNDERSØGELSEN

## Undersøgelse af spildevand - Papirfabrikker

# G U D E N Å U N D E R S Ø G E L S E N

1973 - 1975

## UNDERSØGELSE AF SPILDEVAND FRA PAPIR- OG PAPFABRIKKER

Vandkvalitetsinstituttet, ATV
Agern Allé 11, 2970 Hørsholm

Sagsnr.: 25.4.158
1975-11-05 WF-WWT

Sagsbehandlere:

Civ.ing. Knud Strange Nielsen
Civ.ing. Poul B. Heise

INDHOLDSFORTEGNELSE


| P U N K T | | Side |
|---|---|---|
| 0. | RESUME | 1 |
| 1. | INDLEDNING | 4 |
| | 1.1 Formål | 4 |
| 2. | KARAKTERISTIK AF DE UNDERSØGTE FABRIKKER | 5 |
| | 2.1 Silkeborg Papirfabrik | 5 |
| | 2.2 J. Smiths Papfabrik | 7 |
| | 2.3 Vilholt Papfabrik | 10 |
| 3. | DEN FORELIGGENDE UNDERSØGELSE | 12 |
| | 3.1 Undersøgelsens planlægning | 12 |
| | 3.2 Undersøgelsens gennemførelse | 12 |
| 4. | VANDFØRINGSMÅLING OG PRØVETAGNING | 14 |
| | 4.1 Silkeborg Papirfabrik | 14 |
| | 4.2 J. Smiths Papfabrik | 19 |
| | 4.3 Vilholt Papfabrik | 20 |
| 5. | VURDERING AF KEMISKE ANALYSER | 23 |
| | 5.1 Silkeborg Papirfabrik | 23 |
| | 5.2 J. Smiths Papfabrik | 28 |
| | 5.3 Vilholt Papfabrik | 33 |
| | 5.4 Pap- og papirfabrikkernes stofudledning | 37 |
| 6. | RECIPIENTFORHOLD | 46 |
| | 6.1 Silkeborg Papirfabrik - Remstrup å | 46 |
| | 6.2 J. Smiths Papfabrik - Nørreå | 51 |
| | 6.3 Vilholt Papfabrik - Gudenåen | 55 |
| 7. | KONKLUSION | 59 |
| | LITTERATURFORTEGNELSE | 65 |
| | BILAG 1 | B1 - B4 |

# FIGUR- OG TABELFORTEGNELSE


| F I G U R | | Side |
|---|---|---|
| 2.1 | Flowdiagram, Vilholt Papfabrik | 11 |
| 3.1 | Princip for måleopstilling | 13 |
| 4.1 | Udløbsarrangement, Silkeborg Papirfabrik | 14 |
| 4.2 | Aktuelle opstilling af måleudstyr ved J. Smiths Papfabrik | 19 |
| 4.3 | Målekasse, Vilholt Papfabrik | 21 |
| 5.1 | Bundfældningskurver, Silkeborg Papirfabrik 3/9 - 10/9 1974 | 26 |
| 5.2 | Bundfældningskurver, J. Smiths Papfabrik, 3/9 - 10/9 1974 | 31 |
| 5.3 | Bundfældningskurver, Vilholt Papfabrik, 3/9 - 10/9 1974 | 36 |
| 5.4 | Nedbrydelighedskurver for virksomhedernes afløbsvand | 42 |
| 6.1 | Sedimentudtagningsstationer, Remstrup å og Silkeborg Langsø | 48 |
| 6.2 | Sedimentudtagningsstationer, Nørreå og Søndermølle å | 54 |
| 6.3 | Sedimentudtagningsstationer, Gudenå nedstrøms Vilholt Papfabrik | 57 |

| T A B E L | | |
|---|---|---|
| 2.1 | Silkeborg Papirfabrik. Spildevandsudledning | 6 |
| 2.2 | J. Smiths Papfabrik, Bruunshåb. Oversigt over foretagne prøver og analyser | 9 |
| 4.1 | Vandmængder, Silkeborg Papirfabrik | 16 |
| 4.2 | Vandføring i Remstrup å og vandstand | 18 |
| 4.3 | Vandmængderegistrering, J. Smiths Papfabrik, Viborg, fra 3/9 - 10/9 1974 | 20 |
| 4.4 | Vandmængderegistrering, Vilholt Papfabrik, fra 3/9 - 10/9 1974. (Hver runde 8 timer) | 22 |
| 5.1 | Analyseresultater, Silkeborg Papirfabrik | 23 |
| 5.2 | Gennemsnitsanalyseresultater, Silkeborg Papirfabrik, husspildevand m.m. | 24 |

FIGUR- OG TABELFORTEGNELSE


| T A B E L | | Side |
|---|---|---|
| 5.3 | Silkeborg Papirfabrik, 15/5 1975 | 27 |
| 5.4 | Tungmetalindhold, bundfældeligt stof. Silkeborg Papirfabrik, 3/9 - 10/9 1974 | 28 |
| 5.5 | Analyseresultater, J.M. Smiths Papfabrik | 29 |
| 5.6 | Gennemsnitsanalyseresultater, J.M. Smiths Papfabrik og Viborg Centralrenseanlæg | 29 |
| 5.7 | J. Smiths Papfabrik, 15/5 1974 | 32 |
| 5.8 | Tungmetalindhold, bundfældeligt stof. J. Smiths Papfabrik, 3/9 - 10/9 1974 | 32 |
| 5.9 | Analyseresultater, Vilholt Papfabrik | 33 |
| 5.10 | Gennemsnitsanalyseværdier, Vilholt Papfabrik | 34 |
| 5.11 | Vilholt Papfabrik, 15/5 1975 | 35 |
| 5.12 | Tungmetalindhold, bundfældeligt stof, Vilholt Papfabrik, 3/9 - 10/9 1974 | 37 |
| 5.13 | Udledte mængder i måleperioden | 38 |
| 5.14 | Forholdet mellem gennemsnitskoncentrationer | 39 |
| 5.15 | Nedbrydningskonstanter | 44 |
| 6.1 | Sedimentanalyser. Remstrup å og Silkeborg Langsø | 49 |
| 6.2 | Sedimentanalyser. Nørreå og Søndermølle å | 53 |
| 6.3 | Sedimentanalyser. Gudenå efter Vilholt | 58 |

## 0. RESUME

I forbindelse med det almene spildevandsprojekt i Gudenåundersøgelsen 1973 - 75 besluttedes det at gennemføre en belastningsundersøgelse af følgende virksomheder, der alle udleder spildevand separat til Gudenåsystemet:

Silkeborg Papirfabrik, udledning til Remstrup å (Gudenå) og Silkeborg Langsø,

J. Smiths Papfabrik, Viborg, udledning til Nørreå,

Vilholt Papfabrik, udledning til Gudenå før Mossø.

Formålet med undersøgelsen var at vurdere papir- og papfabrikkernes nuværende afløbsvands sammensætning og mængde samt at vurdere recipientsystemets belastning.

Undersøgelsen er gennemført ved udtagning og analysering af vandprøver (mængdeproportionale) i takt med virksomhedernes arbejdsrytme, kontinuert registrering af vandmængderne samt udtagning af sedimenterbart materiale og analysering for tungmetaller.

Fra de respektive virksomheder udledtes følgende døgnmængder:

| | Silkeborg Papirfabrik | J. Smiths Papfabrik | Vilholt Papfabrik |
|---|---|---|---|
| Total kvælstof | 1o,8 kg | 1,o kg | 3,2 kg |
| Total fosfor | 2,2 kg | o,2 kg | o,9 kg |
| Organisk stof ($BI_5$) | 28o kg | 47 kg | 1o3 kg |
| Organisk stof (COD) | 499 kg | 1o7 kg | 267 kg |
| Fast stof (susp.stof) | 585 kg | 82,5 kg | 46o kg |
| Fast stof (tørstof) | 26oo kg | 343 kg | 929 kg |
| Vandmængde | 7171 $m^3$ | 1o71 $m^3$ | 1754 $m^3$ |

De udledte næringsstofmængder, kvælstof og fosfor, er for alle tre virksomheders vedkommende marginale i forhold til recipienternes egentransport.

Mængden af organisk stof, der udledes fra virksomhederne, medfører, at indholdet af iltforbrugende materiale i de respektive recipienter under minimumsafstrømningsforhold forøges maksimalt 2o %. Da det organiske stof er forholdsvis tungt nedbrydeligt, og da recipientkapaciteten i Gudenårecipienterne er god, vil iltforholdene ikke ændres væsentligt ved udledningen af virksomhedernes afløbsvand. Nørreåens recipientkapacitet er opbrugt og bør ikke belastes yderligere med organisk stof.

Udledningen af fast stof er især fra Silkeborg Papirfabrik og Vilholt Papfabrik stor, og det anbefales derfor, at man indfører renseforanstaltninger eller forbedrer den nuværende rensning med henblik på at begrænse faststofudledningerne.

Tungmetalbestemmelserne viste, at tungmetalindholdet i bundfældeligt materiale fra de tre virksomheders afløbsvand lå på niveau med eller var lavere end tungmetalindholdet i slam fra ubelastet spildevand (spildevand alene fra boligområder).

Der er konstateret forhøjet indhold af kviksølv i sedimentet i Remstrup å og Silkeborg Langsø - et forhold, der kan skyldes anvendelsen af kviksølv som svampebekæmpelsesmiddel i importeret papirmasse omkring 196o'erne. Der er ikke registreret tilsvarende forhold i Nørreå og Gudenå efter Vilholt.

# GUDENÅ - SYSTEMET

## Papir-og papfabrikker.

# 1. INDLEDNING

I GUDENÅUNDERSØGELSEN 1973-75 indgår undersøgelse af stofbelastningen af Gudenå-systemets recipienter med spildevand. Spildevandet kan stamme fra henholdsvis husholdning, industri, dambrug og landbrug. De væsentligste industrier med eget udløb til Gudenå-systemet udgøres af pap/papirfabrikker. Disse virksomheder er behandlet i lov om miljøbeskyttelse (nr. 372 af 13. juni 1973), kap. 5, om særlig forurenende virksomheder.

I Gudenå-systemet findes tre fabrikker af denne type, nemlig:

| | |
|---|---|
| Silkeborg Papirfabrik, | oparbejdning af papirmasse til færdigt papir |
| J. Smiths Papfabrik, Bruunshåb, | oparbejdning af gammelt papir til pap |
| Klostermølle & Vilholt, | oparbejdning af gammelt papir til pap. |

## 1.1 Formål

Formålet med undersøgelsen var at belyse papirfabrikkernes udledningsforhold af spildevand i Gudenå-systemet, idet udnyttelsen af Gudenå-systemet som vandforsyning og kraftforsyning samt recipient var og er af stor betydning for fabrikkernes placering. Undersøgelsen skulle omfatte en vurdering af mængder og koncentrationer af forurenende stoffer i spildevandet samt dettes nedbrydelighed. Formålet skulle desuden være at konstatere eventuelle virkninger af tidligere udledninger ved udtagning af sedimentprøver i recipienten efter afløbet.

## 2. KARAKTERISTIK AF DE UNDERSØGTE FABRIKKER

### 2.1 Silkeborg Papirfabrik

Silkeborg Papirfabrik tilhører koncernen "De forenede Papirfabrikker". Fabrikken grundlagdes 1850 af brødrene Drewsen. Fabrikken fremstiller træfrit skrive- og trykpapir af finere kvalitet (herunder bl.a. pengesedler). Papirprodukterne fremstilles ud fra klude og papirmasse, som indkøbes såvel i Danmark, som i Sverige og Finland. Råvandet til papirfabrikationen indtages fra Gudenåen (Remstrup Å), hvor der ifølge landvæsenskommissionskendelsen fra 1964 /6 / blev tildelt 9 $m^3$/min. med max. 18 $m^3$/min. i kortvarige perioder. Råvandet renses i sommerperioderne, dels ved fældning med $Al_2(SO_4)_3$ og efterfølgende sedimentation, dels ved passage af sandfilter før det anvendes i produktionen. Spildevandet fra 3 papirmaskiner samles i et fælles afløb og udledes sammen med kølevandet gennem en neddykket udløbsledning i Gudenåen. Kølevandsoppumpningen blev ved landvæsenskommissionskendelsen fastsat til 12 $m^3$/min. hele året rundt.

En del af spildevandet passerer et forsøgsfilter, som tilbageholder en del af det opslemmede stof. Filteret har en maksimumkapacitet på 4 $m^3$/min. Endelig kan en del regnvand fra tagrender m.m. ende i spildevandsudløbet. Vandet fra de sanitære installationer til de ca. 330 beskæftigede sendes via det kommunale kloaknet til renseanlægget i Søholt.

Ved vurderingen af forurenende stoffer fra papirfabrikker bør mængden sættes i relation til års/dagsproduktion og vandmængde. Disse fordeler sig således ifølge De forenede Papirfabrikker's egne oplysninger. Disse er baseret på den interne spildevandskontrols målinger af opslemmet materiale og organisk stof ($BI_5$).

Tabel 2.1

Silkeborg Papirfabrik. Spildevandsudledning.

| | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 (skøn) |
|---|---|---|---|---|
| Produktion, ts | 14.780 | 15.487 | 14.716 | 15.778 |
| Produktionsdøgn | 286 | 286 | 264 | 281¾ |
| Spildevand, forurenet $m^3$/år | mill.: 1,78 | mill.: 1,58 | mill.: 1,2 | mill.: 1,1 |
| - - $m^3$/døgn | 6.200 | 5.500 | 4.500 | 3.900 |
| Spildevand (køling og skylning) $m^3$/år | mill.: 1,8 | mill.: 1,7 | mill.: 1,3 | mill.: 1,2 |
| - - $m^3$/døgn | 6.300 | 5.900 | 4.900 | 4.300 |
| Spildevand, i alt $m^3$/år | mill.: 3,58 | mill.: 3,28 | mill.: 2,5 | mill.: 2,3 |
| - - $m^3$/døgn | 12.500 | 11.500 | 9.400 | 8.200 |
| Opslemmet stof, i alt ts/år | 456 | 402* | 300* | 300* (skøn) |
| - - , org. ts/år | 191 | 183 | 147 | 150 ( - ) |
| - - , uorg. ts/år | 265 | 219 | 153 | 150 ( - ) |
| Opslemmet stof, i alt kg/dg | 1.600 | 1.400 | 1.130 | 1.100 (skøn) |
| - - , org. kg/dg | 670 | 640 | 550 | 550 ( - ) |
| - - , uorg. kg/dg | 930 | 760 | 580 | 550 ( - ) |
| $BI_5$-belastning, ts/år | - | - | ca. 140 | ca. 140 |
| - , kg/døgn | - | - | ca. 530 | ca. 530 |
| - , mg/l | ca. 50 | ca. 50 | ca. 55 | ca. 55 |

* Herfra fragår stof optaget på forsøgsfilteret og kørt til plads, hvilket i 1972 androg ca. 40 tons,
1973 - ca. 60 tons og skønnes i
1974 at andrage ca. 80 tons fordelt med ca. 70% på organisk og 30% på uorganisk stof.

Der udledes således 1974 ca. 14 kg opslemmet stof og ca. 9 kg $BI_5$ pr. produceret ton papir.

Århus amtsvandvæsen har siden 1971 foretaget halvårlig spildevandskontrol af udløbet. Kontrollen har ikke omfattet vandføringsmåling, men udtagning af vandprøver til kemisk analyse.

## 2.2 J. Smiths Papfabrik, Bruunshåb

Denne fabrik oparbejder papiraffald (aviser, ugeblade, tapetrester o.a.) til pap efter samme princip som Vilholt Papfabrik (se senere). Bruunshåb Papfabrik er opdelt i to virksomhedsafsnit, den gamle fabrik med afløb til Viborg kommunes centralrenseanlæg og den nye papfabrik med eget renseanlæg. Papfremstillingen følger flowdiagram som vist på figur2.1, side 11. Efter Papirmaskinen løber spildevandet til et flotationsanlæg, hvor en del af tørstoffet frafloteres og tilbageføres processen. Endvidere recirkuleres 2/3 af vandmængden. Resten, ca. 4o $m^3$/time, føres via en kloakledning til Nørre Å.

Der er kun foretaget undersøgelser på den nye papfabrik. Vandet til papfabrikationen oppumpes fra en grundvandsboring, som dækker vandforbruget både på den nye og den gamle fabrik. I det følgende behandles kun den nye fabrik, idet den gamle fabriks spildevand ledes til centralrenseanlægget i Bruunshåb, hvorimod den nye fabriks spildevand tilledes Nørre Å. Udledningstilladelsen er baseret på en landvæsenskommissionskendelse fra 3. september 1973, hvori det bestemmes, at det rensede spildevand (procesvand), der afledes til Nørre Å, i den tid afledningen sker, højst må indeholde 5o kg frafiltrerbart tørstof pr. døgn udregnet som middeltal over en uge, idet der dog kun må være et døgn i en uge, hvor denne mængde overstiger 75 kg, og døgnmængden må ingensinde overstige 1oo kg frafiltrerbart tørstof.

Det biokemiske iltforbrug, $BI_5$, for det afledte rensede vand må højst være 5o kg pr. døgn udregnet som middeltal for de dage i ugen, hvor afledning finder sted, idet der dog kun må være et døgn i en uge, hvor denne mængde overstiger 75 kg, og døgnmængden må ingensinde overstige 1oo kg. /3/.

Fabrikken producerer i udgangen ca. 7½ tons pap/døgn. Kravene i kendelsen svarer altså til 6,6 kg tørstof og 6,6 kg $BI_5$ pr. ton produceret pap.

Der har i forbindelse med behandling af landvæsenskommissionssagen vedrørende Smiths Papfabrik været foretaget en del undersøgelser af afløbsforholdene. I forbindelse med den verserende landvæsenskommissionssag udarbejdede Viborg amtsvandvæsen et notat /8/ om "Nørre Å's kapacitet som recipient for spildevand", herunder fra J. Smiths Papfabrik A/S, Bruunshåb. Det oplyses heri, at spildevandsmængderne fra den nye fabrik udgør 4o $m^3$/time døgndrift og 3oo $m^3$/døgn over ca. 9 timer fra den gamle fabrik. Indholdet af organisk stof for det urensede spildevand fra den nye og den gamle fabrik udgjorde henholdsvis 57o mg/l og 52o mg/l, målt som $BI_5$. Det anføres i notatet, at Søndermølle Å ikke bør anvendes som recipient for spildevand fra papfabrikkerne, men at afledning i stedet bør ske til Nørre Å. Inden udledning af spildevandet kunne dette behandles enten i Viborg kommunes centralrenseanlæg eller i selvstændigt renseanlæg. I tabel 2.2 er givet oversigt over analyseresultater.
Når beslutningen om rensning i selvstændigt flotationsanlæg blev gennemført, skyldtes det, at det herved var muligt at genanvende en del af de frafloterede fibre.

Måleopstilling og prøvetagning på den nye fabrik foregik i den kloakbrønd, hvorfra Viborg kommune/Amt foretager den i kendelsen bestemte månedlige kontrol med fabrikkens afløbsforhold. Spildevandet fra de sanitære installationer for fabrikkens 15 ansatte føres til Viborg kommunes renseanlæg.

Tabel 2.2

J. Smiths Papfabrik, Bruunshåb.

Oversigt over foretagne prøver og analyser. /8/.

| Dato | kl. | Prøve-type | Q $m^3/h$ | pH | Bdf. ml/l | COD-perm. mg $O_2$/l | COD-dicr. mg $O_2$/l | $BI_5$ mg $O_2$/l | $BI_5$ mg $O_2$/l | Tørstof mg/dg | Glødetab mg/l |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13.3.74 | | I S | 40 | 7,7 | 1,7 | 250 | 280 | 95 | 91 | 269 | - |
| | | II S | 40 | 7,6 | 2,5 | 290 | 260 | 90 | 86 | 254 | - |
| 27. - 28.3.74 | 16.00-15.30 | P | $\overline{X}$ = 40 | 7,6 | 4,5 | 190 | 930 | 200 | ☆ 192 | 346 | - |
| 5.7.74 | 10.50 | III S | 47 | 7,4 | spor | 60 | 85 | 43 | 43 | 100 | - |
| 7. - 8.8.74 | 12.00-11.00 | B | 41 | 7,5 | 1,6 | 45 | 157 | 67 | 66 | 106 | 50 |
| 8.8.74 | 12.22 | S | 25 | 7,6 | 1,2 | 44 | 163 | 72 | ☆43 (72) | ☆82 (137) | 46 |
| 8. - 9.8.74 | 12.00-11.00 | B | 45 | 7,7 | 0 | 75 | 147 | 71 | 76 | 97 | 30 |
| 9.8.74 | 12.07 | S | 33 | 7,4 | 0,4 | 59 | 125 | 48 | ☆38 (48) | ☆58 (73) | 32 |

☆) udregnet ved 1.000 $m^3$/døgn

P: Proportionalprøve
S: Stikprøve
G: Gennemsnitsprøve
B: Blandingsprøve af timegennemsnitsprøver

Bemærkninger:

I : Afløb fra rensningsanlæg.

II : Udløb i Nørre Å.

III: Stikprøve fra rensningsanlæg.
Q ~ 1.000 $m^3$/døgn.

## 2.3 Vilholt Papfabrik

Klostermølle og Vilholt pap- og træmassefabrikker er beliggende ved Gudenåen lige før Mossø. Disse industrier har eksisteret gennem århundreder, og der foreligger derfor ingen kendelse hverken for vandindvinding eller spildevandsafledning. I øjeblikket oparbejdes avispapir, ugeblade, tapetrester og lignende til papplader. Pappladerne produceres kun på Vilholt, hvorimod tørring af de våde papplader, glitning og opskæring sker på Klostermølle.

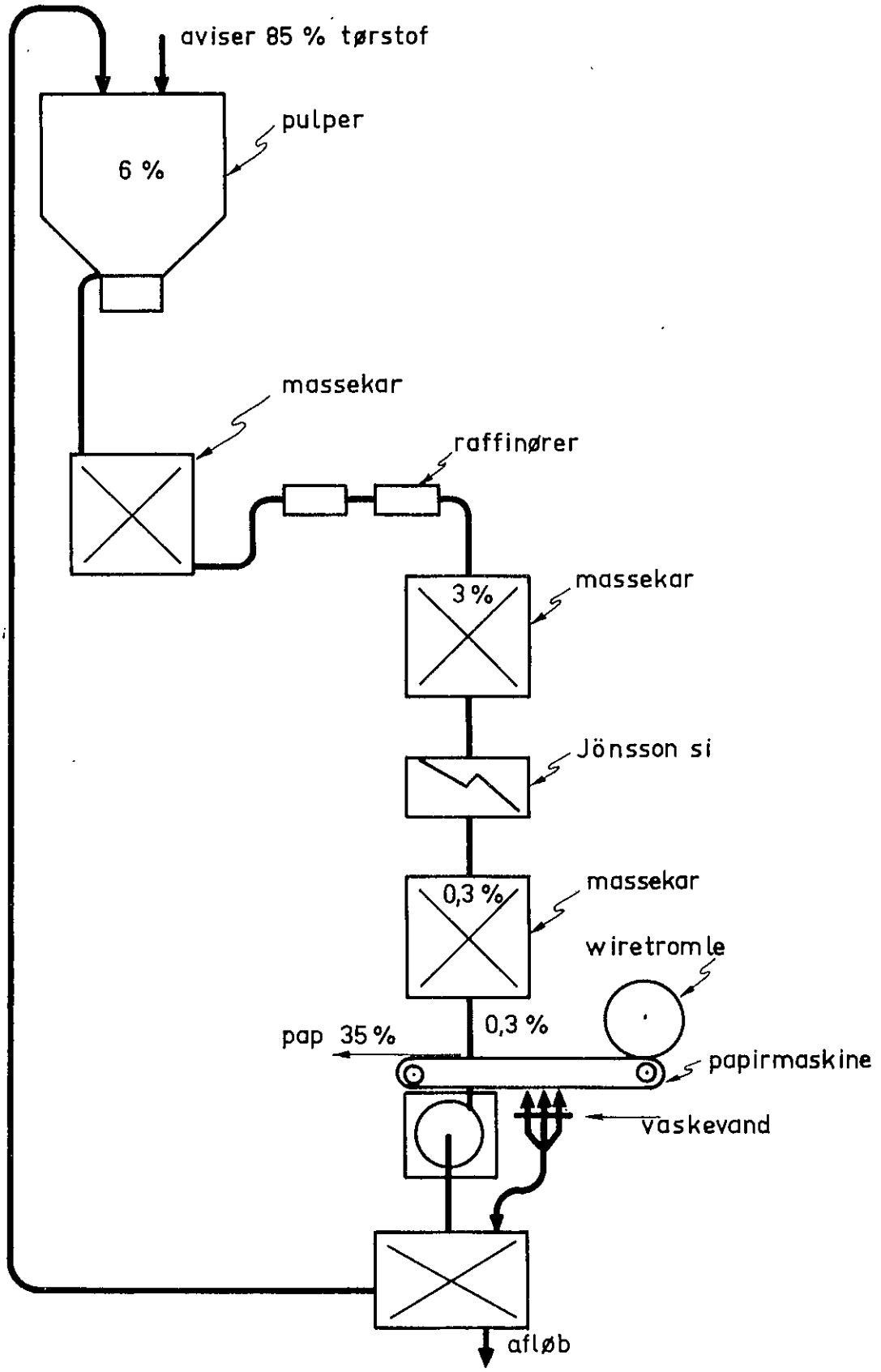
En nylig brand på Klostermølle har aktualiseret spørgsmålet om produktionens fremtid. I øjeblikket er der ingen endelig beslutning truffet, og de udførte målinger på Vilholts spildevand udgør således slutningen på et langt udviklingsforløb. Vejle Amts vandinspektorat har under hensyntagen til denne usikkerhed besluttet at genoptage sagen om Klostermølles og Vilholts spildevandsafledning i løbet af 1975.

Arbejdsprocessen fremgår af det simplificerede flowdiagram på figur 2.1, side 11.

Der foretages ingen særlige interne renseforanstaltninger for at begrænse udledningen, men da der i virkeligheden indbygges vand i de våde papplader, skulle vandmængden dels kunne nedsættes, og mængden af de udledte fibre begrænses.

Efter pulperen findes et udtag for clips, hæfteklammer og andre tunge genstande. Dette affald bør tages op og deponeres. Ved uheld kan der ske en udledning af dette i Gudenåen.

Der findes ingen tal for vandføringen, og af kemiske parametre findes én enkelt spildevandsanalyse.




Figur 2.1 Flowdiagram, Vilholt Papfabrik.

# 3. DEN FORELIGGENDE UNDERSØGELSE

## 3.1 Undersøgelsens planlægning

I juli måned 1974 udsendtes et brev til de nævnte fabrikker, hvori VKI anmodede om medvirken ved undersøgelsen. Medvirkenen omfattede:

1) fremskaffelse af eksisterende oplysninger (analyseresultater, kloakoplysninger m.m.)

2) bistand i forbindelse med etablering af måleopstilling og prøvetagning

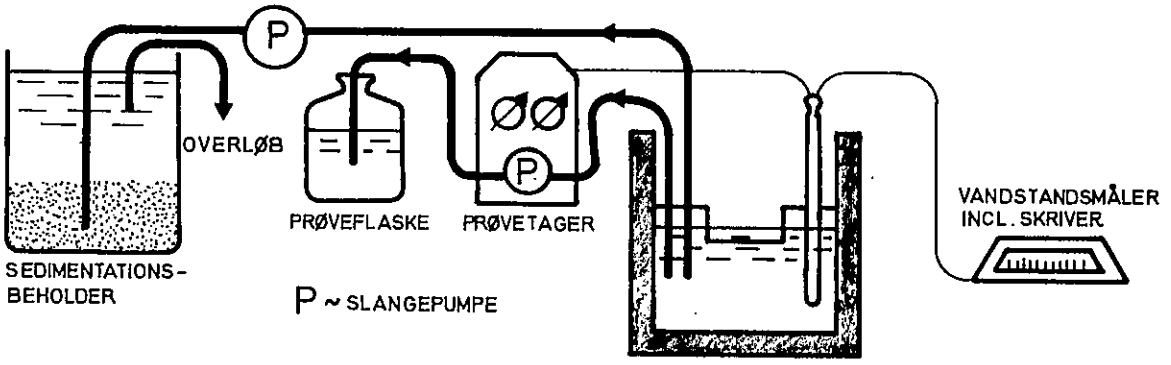
3) udfyldelse af spørgeskema.

Ved et senere personligt møde på de enkelte fabrikker diskuteredes detaljerne vedrørende den praktiske gennemførelse af undersøgelsen, som fandt sted i ugen fra den 3.9.1974 til 1o.9.1974. Endvidere var de tre amter, Århus, Vejle og Viborg, behjælpelige med fremskaffelse af kendelser fra landvæsenskommissioner og analyseresultater m.m. Det øvrige undersøgelsesprogram fremgår af bilag 1.

## 3.2 Undersøgelsens gennemførelse

Undersøgelsen startede med opstilling af måleudstyr på papfabrikkerne i Vilholt og Bruunshåb mandag den 2.9.1974 og på Silkeborg papirfabrik den 3.9.1974.

Måleopstillingen på hver fabrik bestod i princippet af et måletværsnit til vandmængdebestemmelser, flowproportional gennemsnitsprøvetagning samt en 25 l's bundfældningsbeholder med slangepumpe til udtagning af sedimentprøver (figur 3.1 viser princip for måleopstilling). Fabrikkerne i Vilholt og Silkeborg var behjælpelige med tilsyn og pasning af prøvetagere og udstyr, mens Viborg amtsvandvæsen tilså udstyret opstillet ved den allerede etablerede målebrønd i Bruunshåb.




Figur 3.1 Princip for måleopstilling.

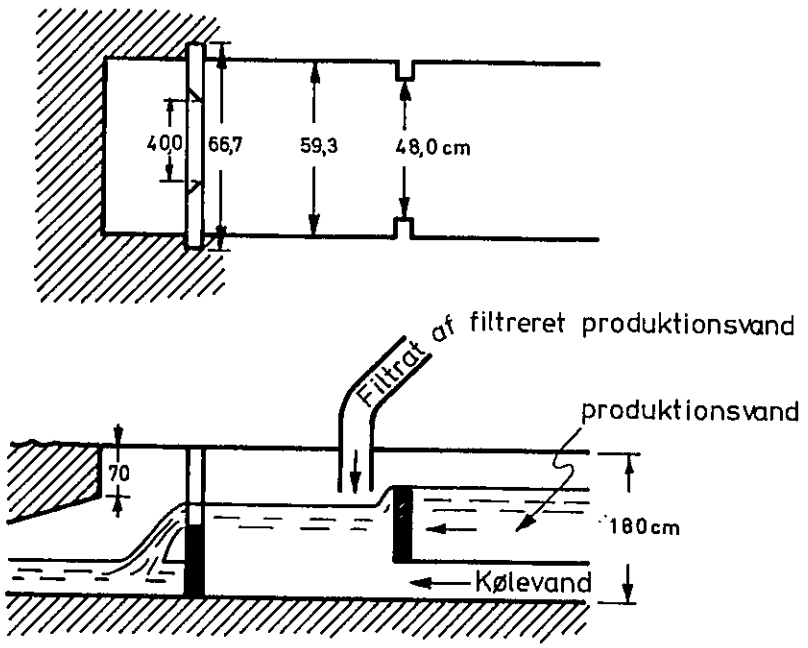
Den 22., 23. og 24.oktober foretog VKI sedimentprøvetagning efter udløbet i de enkelte recipienter. Der blev udtaget sedimentsøjler, som blev sektioneret til kemisk analyse.

# 4. VANDFØRINGSMÅLING OG PRØVETAGNING

## 4.1 Silkeborg Papirfabrik

Udløbsarrangementet ved Remstrup Å (Gudenå) består af en åben rektangulær samlerende, der fortsætter i en ca. 5 m lang dykket udløbsledning.

Samlerenden modtager dels kølevand og dels produktionsvand. Idet de to vandtyper først blandes i samlerendens sidste del, er der mulighed for særskilt at udtage vand fra produktionsnettet, og bl.a. i undersøgelsesperioden pumpedes herfra produktionsvand til behandling på Papirfabrikkens forsøgsrenseanlæg. Forsøgsrenseanlægget er et tromlefilter, kapacitet 3-4 $m^3$ vand pr. minut; det rensede vand returneres til samlerenden, jævnfør figur 4.1.




Figur 4.1 Udløbsarrangement, Silkeborg Papirfabrik.

I forbindelse med nærværende undersøgelse etableredes et rektangulært måleoverfald (4o cm bredt) i samlerenden, således at såvel proces- som kølevand blev registreret. Eventuel nedbør, der tilførtes afløbssystemet, blev også registreret. Til registreringen anvendtes som nævnt et rektangulært overfald, og vandstandshøjden måltes kontinuerligt med kapacitivføler (STRUERS aqua-proper).

Vandføringsmålingerne er angivet i tabel 4.1, hvor endvidere er angivet summen af vandmængderne aflæst på papirmaskinernes vandmålere samt kølevandsmængderne. Desuden er døgnnedbørsmængderne registreret på Søholt renseanlæg angivet.

Silkeborg Papirfabrik ved udløbsarrangementet til Remstrup å. Det grå hus i midten rummer forsøgsfilteret.

Tabel 4.1 Vandmængder, Silkeborg Papirfabrik.

| Prøvetagningsrunde nr. | dato, tidsrum | afløbsmængder 1/sek | vandmålere 1/sek | kølevand | nedb. mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3/9 : 14-22 | 11o | 62 | 17 1/sek** | - |
| 2 | 3/9 : 22-o6 | 119 | 61 | | (2) |
| 3 | 4/9 : o6-14 | 133 | 64 | | - |
| 4 | 4/9 : 14-22 | 133 | 62 | | - |
| 5 | 4/9 : 22-o6 | 137 | 6o | | 0 |
| 6 | 5/9 : o6-14 | 129 | 63 | | - |
| 7 | 5/9 : 14-22 | 126 | 56 | | - |
| 8 | 5/9 : 22-o6 | 136 | 5o | | 6 |
| 9 | 6/9 : o6-14* | 174 | 88 | | - |
| 1o | 6/9 : 14-22 | 151 | 57 | | - |
| 11 | 6/9 : 22-o6 | 146 | 63 | | 18 |
| 12 | 7/9 : o6-12 | 144 | 63 | | - |
| 13 | 7/9 : 14-22 | 163 | 6o | | - |
| 14 | 7/9 : 22-o6 | 166 | 67 | | 1 |
| | 8/9 | - | - | | 25 |
| 18 | 9/9 : o6-14* | 146 | 1o3 | 17 1/sek | - |
| 19 | 9/9 : 14-22 | 166 | 69 | | - |
| 2o | 9/9 : 22-o6 | 171 | 64 | | 6 |
| 21 | 1o/9 : o6-14 | 168 | 67 | | |
| | | gsn. | 66 | 17 | |

* stop på papirmaskine.

** skønnet kølevandsmængde 1 $m^3$/min ~ 17 1/sek.

Vandforbruget til papirfabrikation holder sig ved normale driftsforhold ret konstant, bortset fra start og stop på papirmaskinerne, under hvilke vandforbruget kan stige en del.

Det bemærkes, at de i afløbet målte værdier alle er væsentligt højere end summen af vandmålernes værdier og den skønnede kølevandsmængde. Der er ingen systematisk variation på de i afløbet målte og de på vandmålerne aflæste værdier.

Afvigelserne kan skyldes et eller flere af nedennævnte forhold:

1) Vandmængdemålingen i afløbet er unøjagtig (op til 25%) på grund af urolige tilløbsforhold i "målebrønden", der især skyldes kølevandsindstrømningen.

2) Vandmålerne kan være unøjagtige på grund af slidtage.

3) Kølevandsmængden kan variere i forhold til den skønnede mængde.

4) Nedbøren i måleperioden forøger vandmængderne (den direkte tilstrømmende vandmængde fra nedbør via befæstede arealer m.m. er dog kun ringe (18 mm nedbør på papirfabrikkens arealer fordelt over et døgn svarer skønsmæssigt til 5 l/sek)).

5) Indsivningsvandmængden i systemet kendes ikke. Denne må foruden systemets tæthed afhænge af nedbørsforhold samt det varierende vandspejl, der er i Remstrup Å. (Søndag den 28/9 - 75 konstateredes praktisk taget intet vand i produktionsafløbsrenden, hvilket kunne tyde på, at indsivningsmængderne er små).

I forbindelse med stofbelastningsvurderingerne, afsnit 5, benyttes vandmængderegistreringerne på vandmålerne + kølevandsmængden, idet det må skønnes, at afløbsmålingen er for usikker.

Konklusionen af vandmængdemålingen på Silkeborg Papirfabrik er følgende:

Ved fremtidig udløbskontrol bør vandmængdemålingen i afløbet være kontinuerlig og målingen foreslås gennemført ved anvendelse af en egentlig målerende (venturikanal eller Parshall-rende) etableret alene i produktionsvandrenden. Kølevandsmængderne foreslås registreret ved hjælp af vandmåler.

I tabel 4.2 er angivet vandføring og vandstand i Remstrup Å i undersøgelsesperioden.

Tabel 4.2 Vandføring i Remstrup Å og vandstand.

| Dato | Vandføring $m^3$/sek | Vandstand mm |
|---|---|---|
| 3/9 | 7,73 | 0 |
| 4/9 | 7,82 | + 5 |
| 5/9 | 8,28 | + 1o |
| 6/9 | 8,67 | + 1o |
| 7/9 | 9,21 | + 1o |
| 8/9 | 5,21 | + 25 |
| 9/9 | 15,9o | + 2o |
| 1o/9 | 14,4o | + 4o |

Prøvetagningsopstillingen bestod af følgende:

1) Vandføringsdel incl. skriver med signal til prøvetager for flowproportional prøvetagning.

2) Prøvetager - slangepumpe (HCV type, Struers).

3) Opsamlingsbeholder incl. slangepumpe for udtagning af sedimenterbart materiale, mindst to timers sedimenteringstid.

Princippet i opstillingen er angivet i figur 3.1.

Figur 4.2 Aktuelle opstilling af måleudstyr ved J. Smiths Papfabrik.

## 4.2 J. Smiths Papfabrik, Bruunshåb

Spildevandet fra den nye papfabrik samles og passerer en kloakmålebrønd, inden det løber ud i Nørre Å. Viborg Amtsvandvæsen har ført kontrol med papfabrikkens spildevand og har fremstillet et måleoverfald, som passer til brønden. Måleoverfaldet er nu overtaget af Viborg kommune, der skal foretage den fremtidige kontrol med spildevandet. Måleopstillingen, incl. prøveudtagningsudstyr, gennemførtes identisk med måleopstillingen i Silkeborg, jævnfør figur 3.1 og 4.2.

Samtidig med målingerne i brønden blev vandforbruget registreret på fabrikkens måler. Resultaterne af målingerne i brønden og på fabrikken fremgår af tabel 4.3.

Overensstemmelsen mellem VKI's måler og papirfabrikkens er hæderlige med en afvigelse indbyrdes på ca. 1o %.

Tabel 4.3 Vandmængderegistrering, J. Smiths Papfabrik, Viborg, fra 3/9 til 1o/9 1974.

| Prøverunde nr. | Måler Papfabrik $m^3$/time | Måler VKI $m^3$/time |
|---|---|---|
| 1 | 43,7 | ↑ |
| 2 | 45,8 | 41,1 |
| 3 | 44,3 | ↓ |
| 4 | 42,3 | ↑ |
| 5 | 44,2 | (1o,7) |
| 6 | 42,8 | ↓ |
| 7 | 42,8 | 48,2 |
| 8 | 44,4 | |
| 9 | 43,9 | 47,5 |
| 1o | 41,9 | 39,2 |
| 11 | 43,9 | |
| 18 | 44,9 | 49,8 |
| 19 | 47,o | |
| 2o | - | |
| 21 | 42,7 | |

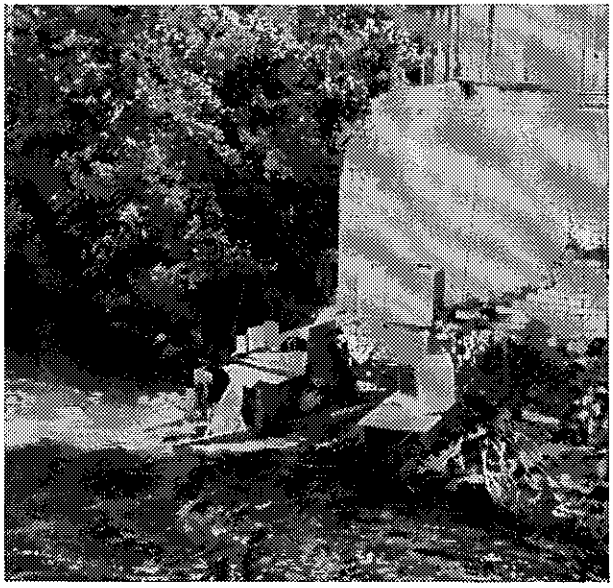
## 4.3 Vilholt Papfabrik

Vandføringsmålingerne på Vilholt Papfabrik vanskeliggjordes af kloakudløbets udmunding tæt ved Gudenåens bred. Da der ikke var mulighed for målinger inde på fabrikken, opbyggedes en målekasse omkring udløbet. (Se foto). Princippet i målekassen er vist på figur 4.3.

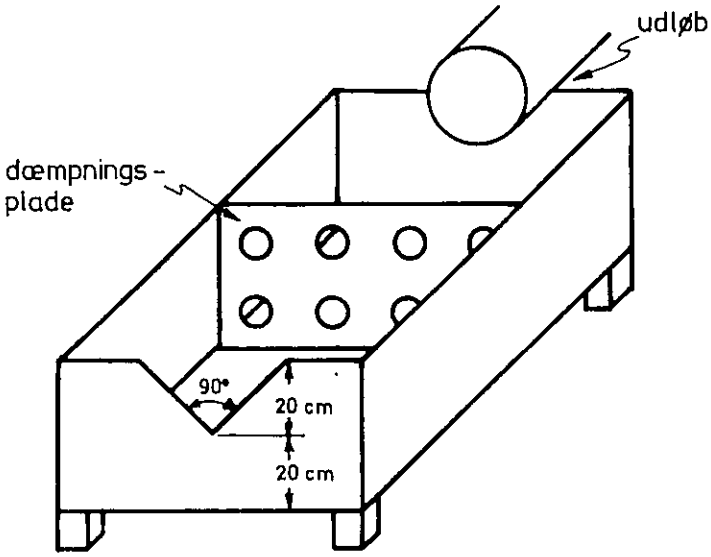
Prøveudtagning til såvel vandkemiske analyser som sedimentprøver foregik på samme måde som på de øvrige fabrikker.

Vandføringsmålingerne ses i tabel 4.4.

Ved fremtidige afløbskontrolmålinger foreslås etableret et stationært målebygværk med V-overfald, 3o cm højt, 9o°-åbning. Dette skal placeres således, at der i videst



Afløb fra Vilholt Papfabrik uden og med måleudstyr.




Figur 4.3 Målekasse, Vilholt Papfabrik.

muligt omfang er frit fald efter V-overfaldet. (Bemærk at Gudenåens vandspejl i visse perioder stiger til niveau med udløbsrøret).

Tabel 4.4 Vandmængderegistrering, Vilholt Papfabrik, fra 3/9 til 1o/9 1974. (Hver runde 8 timer).

| Prøvetagningsrunde | Gennemsnitsvandmængde 1/sek |
|---|---|
| 1 | 19,8 |
| 2 | 22,1 |
| 3 | 16,o |
| 4 | 14,5 |
| 5 | 21,2 |
| 6 | 23,o |
| 7 | 19,2 |
| 8 | 21,o |
| 9 | 2o,6 |
| 1o | 19,7 |
| 11 | 19,2 |
| 12 | - |
| 13 | - |
| 14 | - |
| 18 | 19,9 |
| 19 | 21,4 |
| 2o | 24,5 |
| 21 | 22,6 |

Totale gennemsnit 2o,3 1/sek.

# 5. VURDERING AF KEMISKE ANALYSER

## 5.1 Silkeborg Papirfabrik

En simpel statistisk beregning af analyseparametrene ses i tabel 5.1.

Tabel 5.1 Analyseresultater, Silkeborg Papirfabrik

STATISTIK PA PAPIRFABRIKKEN I SILKEBORG

| VARIABLE | N | MEAN | STANDARD DEV | VARIANCE | SUM | CORRECTED SS | LOW | HIGH | C.V. % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TN mg/l | 18 | 1.593611 | 0.975586 | 0.951767 | 28.685000 | 16.180040 | 0.685000 | 4.430000 | 61.219 |
| TP mg/l | 18 | 0.309833 | 0.212173 | 0.045018 | 5.577000 | 0.765298 | 0.057000 | 1.020000 | 68.480 |
| COD mg $O_2$/l | 18 | 69.611111 | 22.304248 | 524.604575 | 1253.000000 | 8518.277778 | 29.000000 | 110.000000 | 32.903 |
| TS g/l | 18 | 0.358333 | 0.045922 | 0.002109 | 6.450000 | 0.035850 | 0.300000 | 0.450000 | 12.815 |
| GL g/l | 18 | 0.122778 | 0.031212 | 0.000974 | 2.210000 | 0.016561 | 0.090000 | 0.210000 | 25.421 |
| TU JTU | 18 | 61.944444 | 23.991382 | 575.584967 | 1115.000000 | 9784.944444 | 24.000000 | 125.000000 | 38.730 |
| PE mg $O_2$/l | 18 | 18.111111 | 5.411196 | 29.281046 | 326.000000 | 497.777778 | 13.000000 | 35.000000 | 29.878 |
| SS mg/l | 18 | 81.666667 | 39.199340 | 1536.588235 | 1470.000000 | 26122.000000 | 28.000000 | 168.000000 | 47.999 |
| PH | 18 | 6.586889 | 0.096336 | 0.009291 | 118.600000 | 0.157778 | 6.400000 | 6.700000 | 1.462 |
| BI mg $O_2$/l | 18 | 38.888889 | 9.523277 | 90.692810 | 700.000000 | 1541.777778 | 17.000000 | 58.000000 | 24.488 |

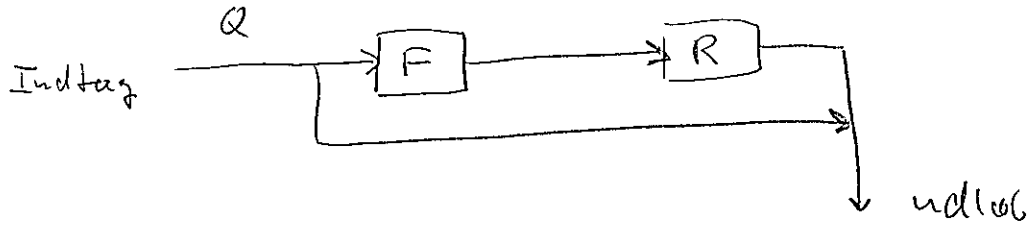
STATISTIK PA PAPIRFABRIKKEN I SILKEBORG

| OBS | IDEN | TN mg/l | TP mg/l | COD mg$O_2$/l | TS g/l | GL g/l | TU JTU | PE mg$O_2$/l | SS mg/l | PH | BI mg$O_2$/l |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | SIL 1 | 1.090 | 0.265 | 53 | .34 | .10 | 59 | 17 | 88 | 6.5 | 35 |
| 2 | SIL 2 | 0.820 | 0.235 | 63 | .30 | .09 | 28 | 14 | 62 | 6.6 | 34 |
| 3 | SIL 3 | 0.925 | 0.190 | 92 | .36 | .11 | 52 | 18 | 86 | 6.7 | 30 |
| 4 | SIL 4 | 1.060 | 0.215 | 85 | .34 | .11 | 58 | 18 | 102 | 6.6 | 32 |
| 5 | SIL 5 | 1.030 | 0.220 | 110 | .45 | .15 | 72 | 18 | 128 | 6.7 | 36 |
| 6 | SIL 6 | 0.685 | 0.190 | 49 | .33 | .10 | 68 | 13 | 94 | 6.7 | 33 |
| 7 | SIL 7 | 1.030 | 0.230 | 58 | .38 | .13 | 72 | 15 | 110 | 6.5 | 43 |
| 8 | SIL 8 | 0.745 | 0.235 | 89 | .44 | .15 | 125 | 17 | 168 | 6.7 | 54 |
| 9 | SIL 9 | 1.900 | 0.280 | 102 | .36 | .12 | 96 | 23 | 146 | 6.7 | 58 |
| 10 | SIL10 | 1.700 | 0.180 | 79 | .35 | .10 | 83 | 25 | 70 | 6.6 | 49 |
| 11 | SIL11 | 2.000 | 0.067 | 55 | .31 | .09 | 44 | 20 | 48 | 6.6 | 33 |
| 12 | SIL12 | 1.600 | 1.020 | 29 | .35 | .13 | 24 | 14 | 28 | 6.6 | 17 |
| 13 | SIL13 | 3.530 | 0.340 | 62 | .38 | .13 | 46 | 35 | 74 | 6.4 | 44 |
| 14 | SIL14 | 4.430 | 0.250 | 91 | .43 | .21 | 64 | 15 | 94 | 6.5 | 46 |
| 15 | SIL18 | 1.200 | 0.560 | 69 | .38 | .10 | 44 | 13 | 48 | 6.7 | 37 |
| 16 | SIL19 | 1.580 | 0.515 | 61 | .38 | .16 | 53 | 18 | 46 | 6.5 | 36 |
| 17 | SIL20 | 1.380 | 0.360 | 29 | .30 | .09 | 75 | 13 | 48 | 6.5 | 40 |
| 18 | SIL21 | 1.980 | 0.225 | 77 | .30 | .14 | 52 | 20 | 30 | 6.5 | 43 |

TN = Total-kvælstof
TS = Tørstof (inddampet)
PE = Kemisk iltforbrug med kaliumpermanganat

TP = Total-phosphor
GL = Glødetab
SS = Suspenderet stof

COD = Kemisk iltforbrug med kaliumdichromat
TU = Turbiditet
BI = Biokemisk iltforbrug efter 5 dage ($BI_5$)



Analyseresultaterne vurderes i det følgende ud fra middeltallet. I tabel 5.2 er middelkoncentrationerne angivet for papirfabrikkens afløbsvand, husspildevand og de forventede afløbskoncentrationer på Silkeborg kommunes nye renseanlæg ved Søholt. Desuden er angivet de i Miljøstyrelsens "Vejledende bestemmelser", juni 1974, foreslåede udledergrænseværdier. /7/.

Tabel 5.2 Gennemsnitsanalyseresultater, Silkeborg Papirfabrik, husspildevand m.m..

| | totN mg/l | totP mg/l | BI mg/l | PE mg/l | COD mg/l | SS mg/l | pH | Q gsn l/sek |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Silkeborg Papirfabrik | 1,6 | o,3 | ~39 | ~18 | ~7o | 82 | 6,5 | 66+17 |
| Husspilde-vand | 6o | 2o | 3oo | 2oo | 45o | 2oo | 6-8 | - |
| Silkeborg nye anlæg | 5 | o,8 | 15 | - | - | 1o | 6,5-8,5 | ~25o |
| Vejledende grænse-værdier /7/ | - | 1,o | 2o | - | - | 3o | 6,5-8,5 | - |

Indholdet af såvel totalfosfor som total kvælstof er meget lavt i forhold til husspildevand, Silkeborg kommunes nye afløbskoncentrationer og Miljøstyrelsens udledergrænseværdier. Sammenlignet med såvel Silkeborg kommunes nye renseanlægs udløbskoncentrationer som Miljøstyrelsens vejledende bestemmelser er indholdet af organisk stof ($BI_5$ og COD) og suspenderet stof højt.

Vurderes udledningen af organisk stof i relation til vandføringen i Remstrup Å, ses det, at koncentrationen af organisk stof målt som $BI_5$ vil forøges

$$\max \quad \Delta_{BI_5} = \frac{83 \cdot 39}{5000} \simeq 0,6 \text{ mg/l}$$

og som COD

$$\max \quad \Delta_{COD} \cong 1,2 \text{ mg/l}$$

ved en minimumsvandføring på 5 $m^3$/sek i Remstrup Å /1/.

I 1974 var mindste døgngennemsnitsvandføring ca. 5,5 $m^3$/sek, idet der dog ved opstemning i Brassø (særlig i weekends) er konstateret ca. 15 døgn 1974 med en gennemsnitsvandføring på 2 $m^3$/sek. Middelvandføringen i Remstrup Å er opgjort til 1o,5 $m^3$/sek, hvilket svarer til en middelkoncentrationsforøgelse på

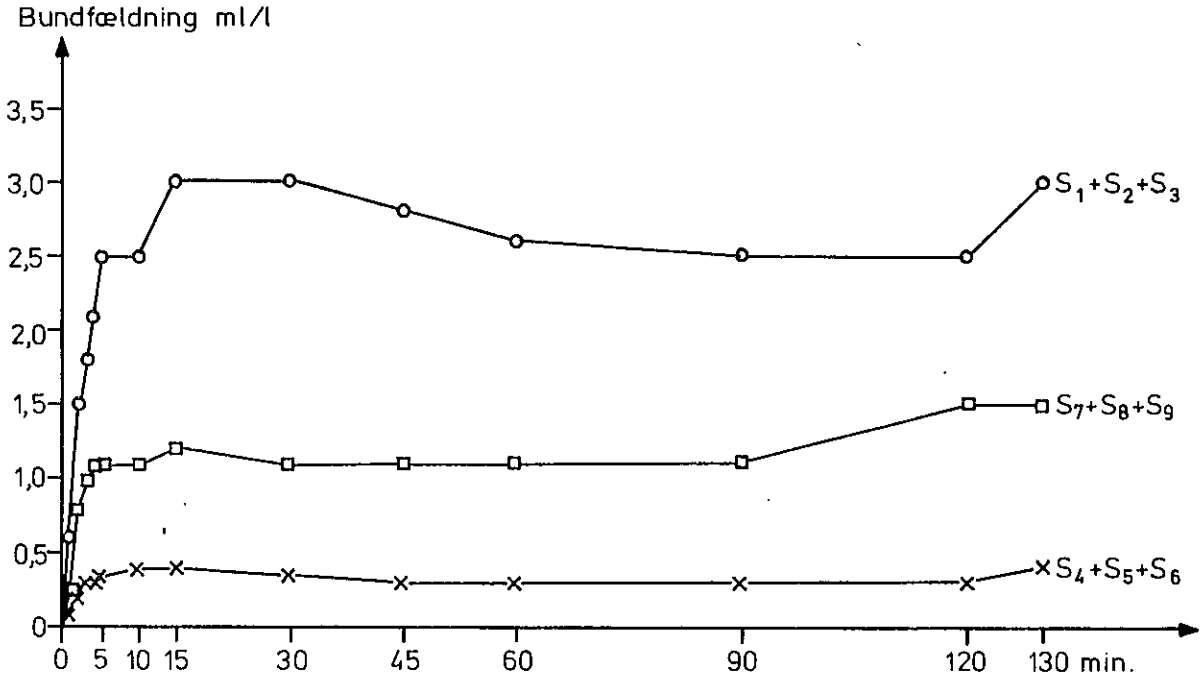
$$\Delta_{BI_5} \simeq 0{,}3 \text{ mg/l} \quad \text{og} \quad \Delta_{COD} \simeq 0{,}6 \text{ mg/l.}$$

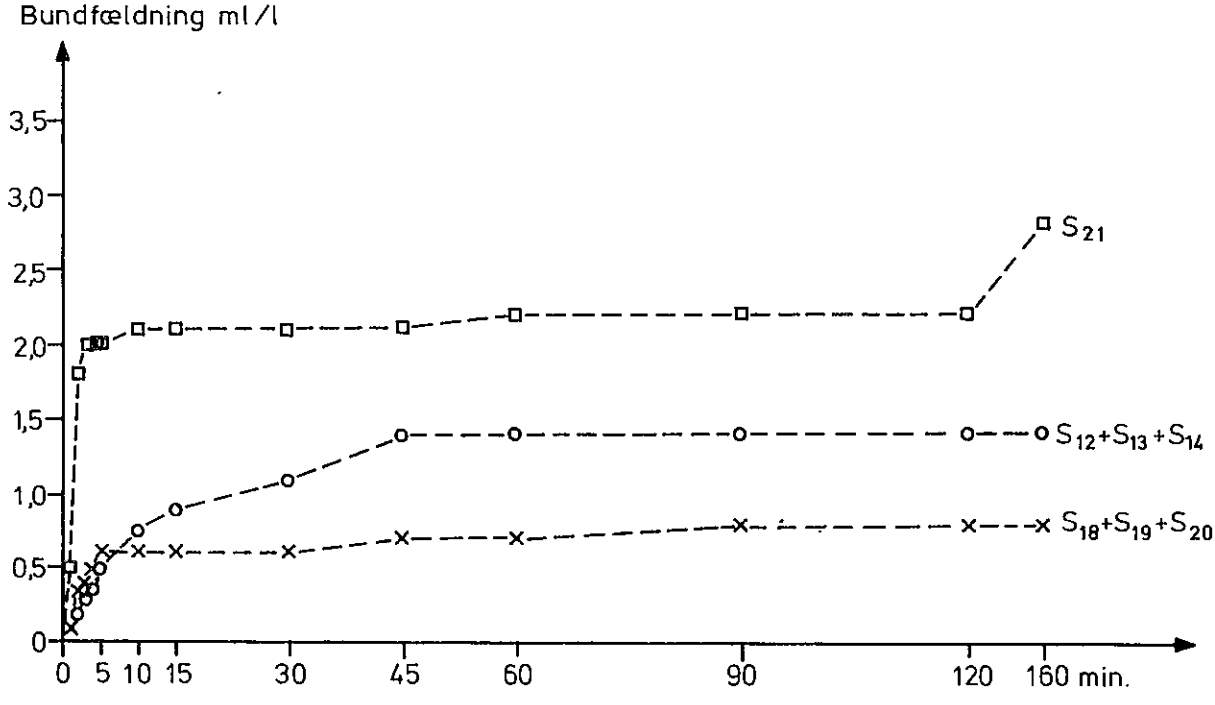
De ovenfor anførte maximal- og middelstigninger må betragtes som små i forhold til recipientkapaciteten i henholdsvis Remstrup Å og Silkeborg Langsø, jvnf. afsnit 5.4.

Remstrup Å og Silkeborg Langsø bærer derimod præg af de udledte mængder fast stof fra papirfabrikken (se afsnit 6). Papirfabrikkens belastning af Remstrup Å med fast stof vurderes ud fra målingerne af suspenderet stof, tørstof og turbiditet. Analyseværdierne for suspenderet stof ligger væsentligt over den af Miljøstyrelsen angivne udledergrænseværdi (3o mg/l). Sammenlignes totalmængden af udledt suspenderet stof med den kommende belastning fra Silkeborg Renseanlæg, ses det, at den nuværende udledning ved papirfabrikken er ca. 3 gange højere.

Tørstof-glødetabsanalyserne kan benyttes til en grov vurdering af, hvor stor en del af det suspenderede stof der er organisk, og hvor stor en del der er uorganisk. For Silkeborg Papirfabrik er glødetab-tørstofforholdet ca. 1/3. På døgnbasis udledte papirfabrikken i undersøgelsesperioden (0,082 g/l x 83 l/sek = 592 kg/døgn) ca. 600 kg/døgn suspenderet stof. Heraf er ca. 200 kg organisk. Dette svarer stort set til de af papirfabrikken skønnede døgnmængder, idet der tages hensyn til den stofmængde, der fjernes på forsøgsfiltret (jvnf. tabel 2.1). På tørstofbasis udgør de udledte mængder ca. 2600 kg/døgn.

For at vurdere det faste stofs bundfældningsegenskaber er der gennemført bundfældningsbestemmelser (Imhofspidsglas) på døgnblandingsprøver. Resultaterne af bundfældningsforsøgene fremgår af figur 5.1.




Figur 5.1 Bundfældningskurver, Silkeborg Papirfabrik, 3/9 - 1o/9 1974.

Det ses, at mængden af bundfældeligt materiale varierer meget fra døgn til døgn, hvorimod bundfældningseffekten for alle døgn viser, at der inden for de første 1o minutter er bundfældet mere end 5o % af det totale bundfældelige materiale, og inden for den første time er der bundfældet mere end 9o %. (Stigningen i bundfældet materiale efter 12o minutter er blot udtryk for nedskrabning af sidemateriale).

På en enkeltprøve bestående af vand fra produktionsvandsdelen alene er bundfældningsegenskaberne vurderet før og efter filtrering. Resultaterne er angivet i tabel 5.3. Prøverne er udtaget 15. maj 1975. Turbiditeten er samtidig målt på ovenstående vand, supernatanten.

Tabel 5.3 Silkeborg Papirfabrik, 15/5 1975.

| | | 0 min | 15 min | 3o min | 6o min | 2 timer |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bundfældet stof (ml/l) | Urenset produktionsvand | ~ 0 | 11,5 | 13 | 11 | 12 |
| | Renset produktionsvand | ~ 0 | 4,5 | 5,5 | 5 | 5,5 |

| | | 0 min | 15 min | 3o min | 6o min | 2 timer |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Turbiditet JTU | Urenset produktionsvand | 12o* | 56 | 47 | 43 | 28 |
| | Renset produktionsvand | 81 | 32 | 3o | 25 | 21 |

* skønnet

Det rensede produktionsvands indhold af bundfældeligt stof svarer nogenlunde til blandingsprøve $S_1 + S_2 + S_3$, idet der jo sker en opspædning af produktionsvand med kølevand. Det bekræftes, at der ved forsøgsfiltret fjernes store mængder bundfældeligt materiale. Samtidig viser bundfældningsforsøgene, at der kan fjernes yderligere materiale ved bundfældning. Med en bundfældnings-

tid på 15 min vil turbiditetsforholdene på supernatanten (ovenstående vand) bedres 5o - 6o %.

Det bundfældelige materiale er blevet indsamlet over forsøgsperioden 3/9 - 1o/9 ved den i afsnit 4 angivne metode, og der er udført analyser for tungmetallerne bly, cadmium, crom, kobber, kviksølv, nikkel og zink. Analyseresultaterne er angivet i tabel 5.4 tillige med analyseresultater (gennemsnit) af slam fra ubelastede renseanlæg, den af Pauly /4 / opstillede O-gruppe.

Tabel 5.4 Tungmetalindhold, bundfældeligt stof, Silkeborg Papirfabrik, 3/9 - 1o/9 1974.

| mg/kg tørstof | Cd | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Zn | g/kg TS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Silkeborg | <o,o1 | 49 | 28o | o,15 | 8 | 2o | 55 | 57,2 |
| Pauly (gsn) | 8 | 38 | 286 | 6 | 21 | 34o | 2ooo | - |

Det ses, at kun crom-analysen overstiger det af Pauli angivne gennemsnit for ubelastet slam. Det tilsvarende interval for crom er 25 mg/kg tørstof $\leq$ Cr $\leq$ 46 mg/kg tørstof. Det ses, at max-værdien stort set svarer til den på Silkeborg Papirfabrik fundne.

Analyseresultaterne for tungmetalindhold på bundfældeligt materiale giver derfor ikke anledning til yderligere bemærkninger.

## 5.2 J. Smiths Papfabrik

En simpel statistisk beregning af analyseresultaterne ses i tabel 5.5, og i det følgende vurderes analyserne ud fra gennemsnitsværdierne.

Tabel 5.5 Analyseresultater, J. Smiths Papfabrik

STATISTIK PÅ PAPIRFABRIKKER
J.M.smiths Papfabrik.

| VARIABLE | N | MEAN | STANDARD DEV | VARIANCE | SUM | CORRECTED SS | LOW | HIGH | C.V. % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TN, mg/l | 16 | 0.965625 | 0.463875 | 0.215180 | 15.450000 | 3.227694 | 0.475000 | 2.300000 | 48.039 |
| TP, mg/l | 16 | 0.223125 | 0.063924 | 0.004086 | 3.570000 | 0.061294 | 0.130000 | 0.310000 | 28.649 |
| COD mg $O_2$/l | 15 | 100.466667 | 25.717602 | 640.980952 | 1507.000000 | 8973.733333 | 33.000000 | 150.000000 | 25.200 |
| TS, g/l | 16 | 0.317500 | 0.032146 | 0.001033 | 5.080000 | 0.015500 | 0.270000 | 0.380000 | 10.125 |
| GL, g/l | 16 | 0.118125 | 0.023443 | 0.000550 | 1.890000 | 0.008244 | 0.080000 | 0.150000 | 19.846 |
| TU, JTU | 15 | 54.533333 | 13.516480 | 182.695238 | 818.000000 | 2557.733333 | 31.000000 | 84.000000 | 24.786 |
| PE, mg $O_2$/l | 16 | 35.312500 | 7.309526 | 53.429167 | 565.000000 | 801.437500 | 15.000000 | 49.000000 | 20.700 |
| SS, mg/l | 16 | 77.437500 | 31.069747 | 965.329167 | 1239.000000 | 14479.937500 | 36.000000 | 166.000000 | 40.122 |
| PH | 16 | 6.717500 | 0.174642 | 0.030500 | 107.800000 | 0.457500 | 6.600000 | 7.200000 | 2.592 |
| BI, mg $O_2$/l | 16 | 44.187500 | 13.277644 | 176.295833 | 707.000000 | 2644.437500 | 12.000000 | 66.000000 | 30.048 |

STATISTIK PÅ PAPIRFABRIKKER
J.M.Smiths Papfabrik.

| OBS | IDEN | TN mg/l | TP mg/l | COD mg$O_2$/l | TS g/l | GL g/l | TU JTU | PE mg$O_2$/l | SS mg/l | PH | BI mg$O_2$/l |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | BRU 1 | 0.760 | .260 | 105 | .32 | .15 | 52 | 37 | 83 | 6.7 | 45 |
| 2 | BRU 2 | 0.730 | .235 | 93 | .32 | .12 | 58 | 40 | 92 | 6.6 | 47 |
| 3 | BRU 3 | 0.640 | .310 | 96 | .31 | .12 | 59 | 40 | 92 | 6.7 | 47 |
| 4 | BRU 4 | 0.700 | .220 | 102 | .31 | .14 | 54 | 40 | 72 | 6.6 | 54 |
| 5 | BRU 5 | 0.475 | .240 | 98 | .34 | .14 | 62 | 31 | 70 | 6.7 | 42 |
| 6 | BRU 6 | 0.655 | .280 | 150 | .34 | .14 | 63 | 33 | 54 | 6.7 | 48 |
| 7 | BRU 7 | 0.870 | .140 | 103 | .27 | .08 | 59 | 38 | 56 | 6.7 | 53 |
| 8 | BRU 8 | 1.400 | .160 | 118 | .32 | .11 | 59 | 30 | 74 | 6.6 | 56 |
| 9 | BRU 9 | 0.920 | .140 | 99 | .28 | .11 | 52 | 34 | 58 | 6.7 | 57 |
| 10 | BRU10 | 1.700 | .220 | 127 | .38 | .09 | 84 | 49 | 166 | 6.6 | 66 |
| 11 | BRU11 | 2.300 | .130 | 75 | .30 | .12 | 32 | 30 | 36 | 6.6 | 39 |
| 12 | BRU12 | 0.700 | .130 | 31 | .36 | .15 | 31 | 15 | 36 | 7.2 | 12 |
| 13 | BRU18 | 0.975 | .295 | 103 | .28 | .09 | | 37 | 82 | 6.8 | 27 |
| 14 | BRU19 | 0.855 | .270 | 93 | .28 | .09 | 39 | 33 | 66 | 6.7 | 29 |
| 15 | BRU21 | 0.870 | .240 | 112 | .31 | .10 | 48 | 37 | 102 | 7.1 | 37 |
| 16 | BRU27 | 0.900 | .300 | | .35 | .14 | 66 | 41 | 100 | 6.8 | 48 |

TN = Total-kvælstof
TS = Tørstof (inddampet)
PE = Kemisk iltforbrug med kaliumpermanganat

TP = Total-phosphor
GL = Glødetab
SS = Suspenderet stof

COD = Kemisk iltforbrug med kaliumdichromat
TU = Turbiditet
BI = Biokemisk iltforbrug efter 5 dage ($BI_5$)

I tabel 5.6 er angivet analysemiddelværdier fra papfabrikken tillige med analyseresultater fra Viborg kommunes centralrenseanlæg i Bruunshåb (11/3 1975).

Tabel 5.6 Gennemsnitsanalyseresultater, J. Smiths Papfabrik og Viborg Centralrenseanlæg.

| | totN mg/l | totP mg/l | $BI_5$ mg/l | PE mg/l | COD mg/l | SS mg/l | pH | Q $m^3$/time |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Papfabrikken | o,97 | o,22 | 44 | 35 | 1oo | 77 | 6,7 | 44,6 |
| Centralrenseanlæg | 24 | 7,2 | 23 | 38 | - | - | 7,5 | 515 |

(I måleperioden er gennemsnitsvandmængden på papfabrikken 44,6 $m^3$/time = 12,4 l/sek (gennemsnit af den interne gennemsnitsmåling 43,9 $m^3$/time og måling af vandføring i målebrønd 45,2 $m^3$/time). Fra centralrenseanlægget udledes i døgnet 11/3 1975 i alt 12.35o $m^3 \simeq$ 515 $m^3$/time $\cong$ 14o l/sek.

Indholdet af total kvælstof og total fosfor er meget lavt sammenlignet med Viborg centralrenseanlæg. Belastningen med iltforbrugende stoffer ligger koncentrationsmæssigt højere end Viborg centralrenseanlæg, men belastningsmæssigt udgør papfabrikkens $BI_5$-belastning kun $\frac{44 \times 44,6}{23 \times 515} \simeq \frac{1}{6}$ af centralrenseanlæggets.

Døgnmængden af udledt organisk stof ($BI_5$) er i gennemsnit 47,2 kg/døgn og overholder således kendelsens bestemmelser (5o kg/døgn på ugebasis). Da højeste døgnudledning (baseret på maximalt 8 timers udledning) er 66 kg < 75 kg/døgn, ses at kendelsens maximumskrav er overholdt. /3/.

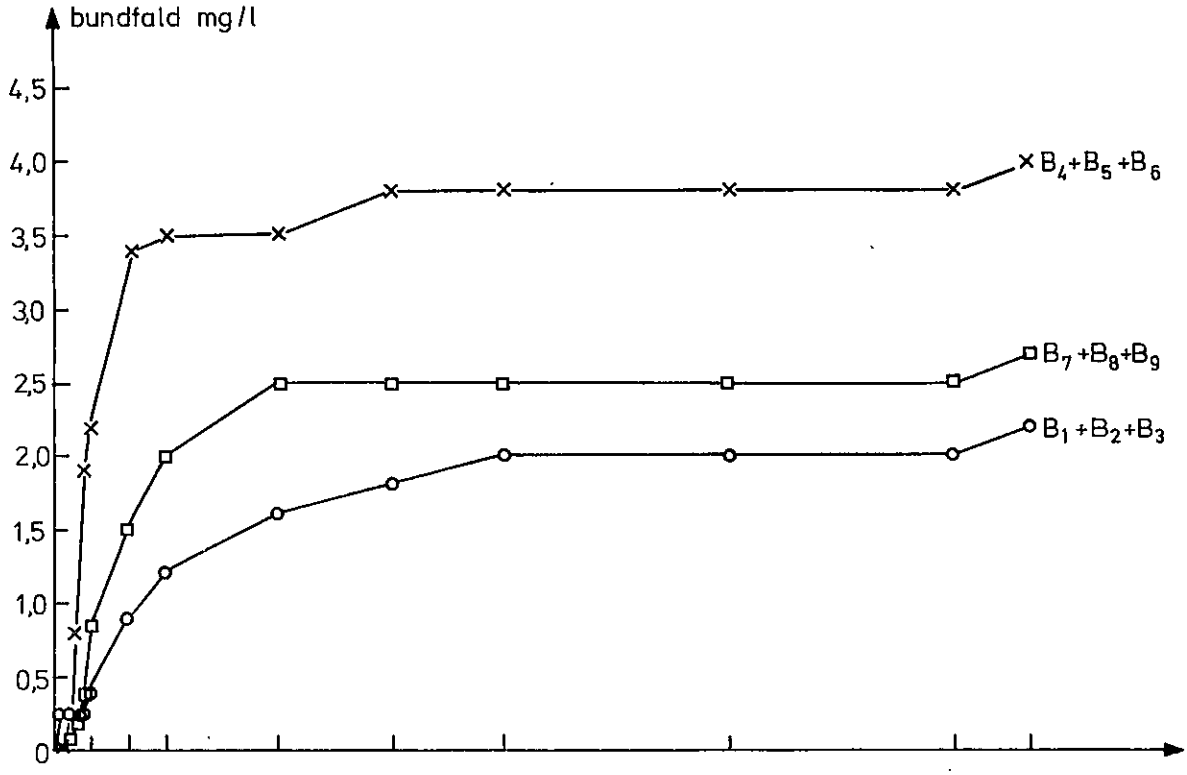
I forbindelse med Nørreå-undersøgelsen er $BI_5$-belastningen fra papfabrikken vurderet til at andrage ca. 5 % af Nørreåens totale belastning med organisk stof. Ved minimumsafstrømning medfører papfabrikkens udledning en koncentrationsforøgelse i organisk stof på

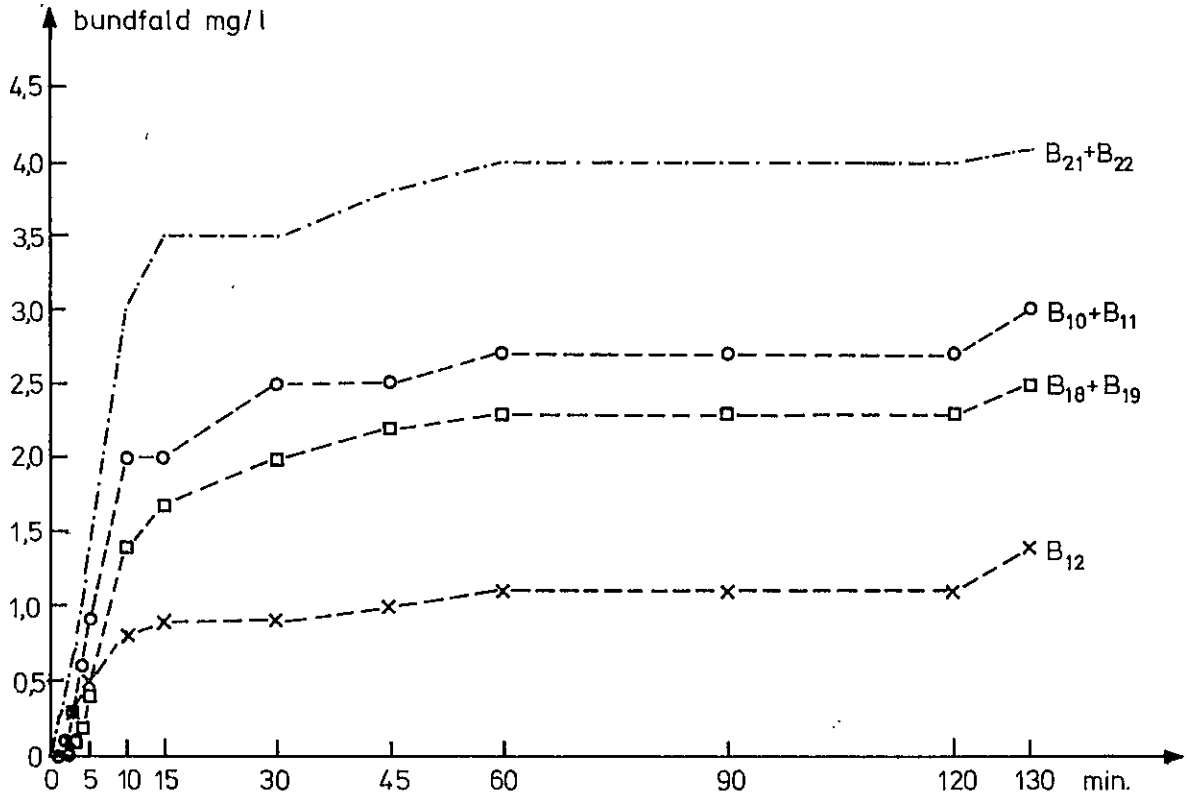
$$\max \ \Delta BI_5 \cong 0,3 \text{ mg/l}$$

$$\max \ \Delta COD \simeq 0,7 \text{ mg/l}.$$

Udledningen af suspenderet stof udgør beregnet over en uge (7 dage) 55 kg/døgn og overstiger 75 kg/døgn i to døgn. Kendelsens krav, jævnfør afsnit 2.2, er således ikke overholdt i undersøgelsesperioden. Det udledte faste stof udgøres for ca. 1/3 vedkommende af organisk stof (bestemt som glødetab-tørstof forhold).

Der er gennemført bundfaldsbestemmelser på døgnblandingsprøver, jævnfør figur 5.2, og det ses, at der på trods af flotationsprocessen, som afløbsvandet har




Figur 5.2 Bundfældningskurver, J. Smiths Papfabrik 3/9 - 1o/9 1974.

været underkastet inden udledning, er store mængder bundfældeligt materiale i afløbsvandet. Efter femten minutters henstand i Imhoffspidsglas er der bundfældet 50% eller mere af totale to-timers bundfald, og efter 30 minutter er der bundfældet 75% eller mere af to-timers bundfald. Efter 2 timers forløb er siderne skrabet, derfor stigning i bundfaldsmængden ved 120 - 130 min.

På enkeltprøve udtaget 15.5.1975 er bestemt bundfald og tilhørende turbiditet på ovenstående vand, supernatanten. Resultater i tabel 5.7.

Tabel 5.7 J. Smiths Papfabrik, 15/5 1975

| min | 0 | 15 | 30 | 60 | 120 |
|---|---|---|---|---|---|
| ml bundfald | 0 | 1 | 1 | 2 | 3,5 |
| Turbiditet på supernatant, JTU | 31 * | 7 | 5,5 | 2,8 | 3,2 |

* skønnet svarende til analyseserie BRU 12.

Det må antages, at selv en kortvarig bundfældning vil reducere turbiditet og fast-stofindholdet 25 - 50% i afløbsvandet.

Der er foretaget analyse for tungmetaller på sedimenterbart materiale (prøveudtagningsprincip angivet i afsnit 4), opsamlet over måleperioden. Analyseresultaterne er angivet i tabel 5.8 tillige med Pauly's nulgruppe (gennemsnit), slam fra ubelastede rensningsanlæg. /4/.

Tabel 5.8 Tungmetalindhold, bundfældeligt stof.
J. Smiths Papfabrik, 3/9 - 10/9 1974.

| mg/kg TS | Cd | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Zn | TS g/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Papfabrikken | 3 | 30 | 157 | 3,3 | 8 | 154 | 603 | 45,3 |
| Pauly (gsn) | 8 | 38 | 286 | 6 | 21 | 340 | 2000 | - |

Det ses, at indholdet af tungmetaller for alle parametres vedkommende ligger under nul-gruppens niveau.

## 5.3 Vilholt Papfabrik

En simpel statistisk bearbejdning af analyseparametrene ses i tabel 5.9 og i det følgende vurderes gennemsnitsværdierne.

Tabel 5.9 Analyseresultater, Vilholt Papfabrik.

STATISTIK PÅ PAPIRFABRIKKER
Vilholt papfabrik

| VARIABLE | N | MEAN | STANDARD DEV | VARIANCE | SUM | CORRECTED SS | LOW | HIGH | C.V. % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TN , mg/l | 14 | 1.845714 | 0.367543 | 0.135088 | 25.840000 | 1.756143 | 1.400000 | 2.900000 | 19.913 |
| TP , mg/l | 14 | 0.482143 | 0.160309 | 0.025699 | 6.750000 | 0.334086 | 0.210000 | 0.685000 | 33.248 |
| COD, mg $O_2$/l | 14 | 151.928571 | 85.928829 | 7383.763736 | 2127.000000 | 95988.926571 | 49.000000 | 302.000000 | 56.559 |
| TS , g/l | 14 | 0.531429 | 0.077247 | 0.005967 | 7.440000 | 0.077571 | 0.400000 | 0.710000 | 14.536 |
| GL , g/l | 14 | 0.202857 | 0.046646 | 0.002176 | 2.840000 | 0.025286 | 0.120000 | 0.310000 | 22.994 |
| TU , JTU | 14 | 229.642857 | 46.758968 | 2186.401099 | 3215.000000 | 28423.214286 | 170.000000 | 315.000000 | 20.362 |
| PE , mg $O_2$/l | 13 | 73.384615 | 14.239256 | 202.756410 | 954.000000 | 2433.076923 | 48.000000 | 92.000000 | 19.404 |
| SS , mg/l | 14 | 266.000000 | 92.540220 | 8563.692308 | 3724.000000 | 111328.000000 | 84.000000 | 434.000000 | 34.790 |
| PH | 14 | 6.707143 | 0.073005 | 0.005330 | 93.900000 | 0.069286 | 6.600000 | 6.800000 | 1.088 |
| BI , mg $O_2$/l | 14 | 58.714286 | 14.699181 | 216.065934 | 822.000000 | 2808.857143 | 35.000000 | 82.000000 | 25.035 |

STATISTIK PÅ PAPIRFABRIKKER
Vilholt papfabrik.

| OBS | IDEN | TN mg/l | TP mg/l | COD mg$O_2$/l | TS g/l | GL g/l | TU JTU | PE mg$O_2$/l | SS mg/l | PH | BI mg$O_2$/l |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | VIL 1 | 1.99 | .400 | 97 | .52 | .19 | 175 | 67 | 186 | 6.8 | 73 |
| 2 | VIL 2 | 1.66 | .400 | 91 | .52 | .18 | 185 | 62 | 84 | 6.8 | 70 |
| 3 | VIL 3 | 1.63 | .400 | 89 | .53 | .20 | 185 | 62 | 284 | 6.7 | 47 |
| 4 | VIL 4 | 1.45 | .685 | 244 | .71 | .31 | 265 | 46 | 434 | 6.6 | 82 |
| 5 | VIL 6 | 1.90 | .540 | 187 | .60 | .17 | 260 | 87 | 342 | 6.7 | 66 |
| 6 | VIL 7 | 2.05 | .540 | 84 | .49 | .12 | 235 | 73 | 260 | 6.6 | 67 |
| 7 | VIL 8 | 2.90 | .455 | 49 | .44 | .18 | 200 | 82 | 210 | 6.6 | 62 |
| 8 | VIL 9 | 1.40 | .260 | 89 | .49 | .20 | 170 | 67 | 256 | 6.7 | 41 |
| 9 | VIL10 | 1.50 | .210 | 95 | .54 | .21 | 210 | 78 | 284 | 6.7 | 35 |
| 10 | VIL11 | 1.90 | .300 | 207 | .54 | .73 | 215 | 91 | 286 | 6.7 | 53 |
| 11 | VIL18 | 1.98 | .650 | 302 | .63 | .26 | 266 | 92 | 364 | 6.7 | 70 |
| 12 | VIL19 | 1.80 | .560 | 99 | .40 | .15 | 230 | | 216 | 6.8 | 35 |
| 13 | VIL21 | 1.83 | .670 | 232 | .49 | .21 | 305 | 75 | 300 | 6.7 | 66 |
| 14 | VIL20 | 1.85 | .680 | 292 | .54 | .23 | 315 | 92 | 298 | 6.8 | 55 |

TN = Total-kvælstof
TS = Tørstof (inddampet)
PE = Kemisk iltforbrug med kaliumpermanganat
TP = Total-phosphor
GL = Glødetab
SS = Suspenderet stof
COD = Kemisk iltforbrug med kaliumdichromat
TU = Turbiditet
BI = Biokemisk iltforbrug efter 5 dage ($BI_5$)

I tabel 5.10 er angivet analyseresultater fra Vilholt Papfabrik samt de af Miljøstyrelsen foreslåede udledningsgrænseværdier ved udledning til vandløbsø.

Tabel 5.10 Gennemsnitsanalyseværdier, Vilholt Papfabrik.

| | Tot-N mg/l | Tot-P mg/l | $BI_5$ mg/l | COD mg/l | SS mg/l | pH | Q l/sek |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vilholt Papfabrik | 1,8 | 0,5 | 59 | 152 | 266 | 6,7 | 20,3 |
| Udleder-grænse-værdier | - | 1,0 | 20 | - | 30 | 6,5 - 8,5 | - |

Koncentrationerne af total-kvælstof og total-fosfor er lave, hvorimod indholdet af organisk og suspenderet stof er højt.

Koncentrationsforøgelsen af iltforbrugende stof i GUDENÅ ved udledning af Vilholt Papfabriks spildevand ved mindstevandføringen 2 $m^3$/sek ses at blive

$$\max \Delta BI_5 = \frac{20,3 \cdot 59}{2000} \simeq 0,6 \text{ mg } O_2/l \text{ og}$$

$$\max \Delta COD = \frac{20,3 \cdot 152}{2000} \simeq 1,5 \text{ mg/l}$$

Gennemsnitsvandføringen 1974 var ca. 4,5 $m^3$/sek, det vil sige, at middelkoncentrationsforøgelsen er af størrelsesordenen:

$$\text{gsn } \Delta BI_5 \simeq 0,3 \text{ mg/l og}$$

$$\text{gsn } \Delta COD \simeq 0,7 \text{ mg/l}$$

Den udledte mængde suspenderet stof er af en betydelig størrelsesorden, nemlig 460 kg/døgn i gennemsnit, heraf er ca. 290 kg uorganisk og 170 kg organisk stof.

På blandingsprøver for de enkelte arbejdsdøgn er udført bundfældningsbestemmelser, se figur 5.3, og på nær prøven $V_{10} + V_{11}$, ses det, at der kan tilbageholdes store mængder fast stof ved blot 10 - 15 min. sedimentationstid. Kurverne, der viser mængde af bundfældet materiale som funktion af sedimentationstid, illustrerer også, at der efter ca. 15 min. sker en sammenpresning af det allerede bundfældede stof. Der vil fortsat ske en bundfældning, jf. turbiditetsformindskelsen angivet nedenfor.

På enkeltprøve udtaget den 15.5.1975 er bundfældeligt stof samt ovenstående vands (supernatanten) turbiditet registreret. Resultaterne fremgår af tabel 5.11.

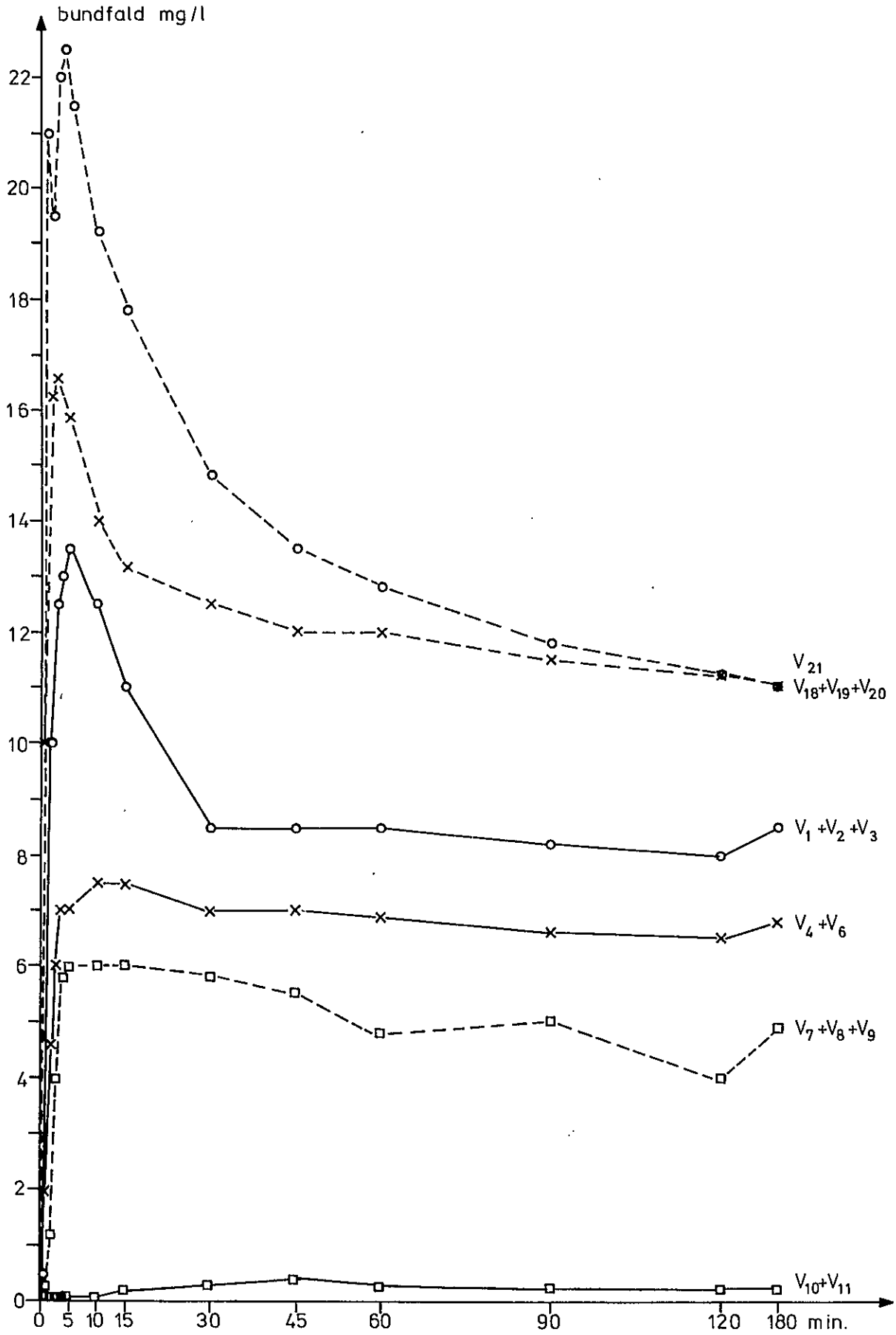
Tabel 5.11 Vilholt Papfabrik, 15/5 1975.

| | min. | 0 | 15 | 30 | 60 | 120 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| VILHOLT | ml bundfald | - | 15,5 | 13 | 11 | 10 |
| | Turbiditet på supernatant, JTU | 290 * | 53 | 43 | 42 | 36 |

* skønnet

Det ses, at der indenfor de første femten minutter sker en skønsmæssig forbedring på 80% i turbiditet og ca. 85% efter 30 minutters sedimentationstid.

Der er udført analyse for tungmetaller cadmium, crom, kobber, kviksølv, nikkel, bly og zink på bundfældeligt stof ($\geq$ 2 timers bundfældningstid). (Prøveudtagningsteknik angivet i afsnit 4).




Figur 5.3 Bundfældningskurver, Vilholt Papfabrik, 3/9 - 1o/9 1974.

Analyseresultaterne er angivet i tabel 5.12 tillige med de af Pauly angivne o-gruppeværdier for "ubelastet" rensningsanlægsslam. /4/.

Tabel 5.12 Tungmetalindhold, bundfældeligt stof. Vilholt Papfabrik, 3/9 - 10/9 1975.

| mg/kg tørst | Cd | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Zu | g/kg TS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VILHOLT | 20 | 29 | 150 | 0,125 | 6 | 95 | 256 | 42 |
| Pauli o-gruppe gsn. | 8 | 38 | 286 | 6 | 20 | 340 | 2000 | - |

Det ses, at tungmetalindholdet ligger væsentligt under det af Pauly angivne o-gruppegennemsnit.

Eksempel på bundfaldsmateriale:

| | | |
|---|---|---|
| Vilholt Papfabrik | - | "grå grød" |
| J. Smiths Papfabrik, Bruunshåb | - | "grå opslemning" |
| Silkeborg Papirfabrik | - | "gul grød" |

## 5.4 Pap- og Papirfabrikkernes stofudledning

### Udledte mængder

De i undersøgelsesperioden udledte gennemsnitsdøgnmængder organisk stof, opslemmet stof samt næringsstoffer er angivet i tabel 5.13 tillige med mængderne af produceret papir eller pap.

Tabel 5.13 Udledte mængder i måleperioden

| | SILKEBORG | | J. SMITH | | VILHOLT | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Produceret mængde papir/pap t/døgn | 53 | | 7½ | | 9½ | |
| | kg/døgn | kg/ton papir | kg/døgn | kg/ton pap | kg/døgn | kg/ton pap |
| Udledt mængde $BI_5$ | 28o | 5,3 | 47,2 | 6,3 | 1o3 | 1o,8 |
| Udledt mængde COD | 499 | 9,4 | 1o7 | 14,3 | 267 | 28,1 |
| Udledt mængde S.S. | 585 | 11,o | 82,5 | 1o,9 | 46o | 48,4 |
| Udledt mængde tørstof | 26oo | 49,o | 343 | 45 | 929 | 97,8 |
| Udledt mængde N | 1o,8 | o,2o | 1,o | o,13 | 3,16 | o,29 |
| Udledt mængde P | 2,2 | o,o4 | o,24 | o,o3 | o,88 | o,o9 |
| Vandmængde l/sek | 83 * | - | 12,4 | - | 2o,3 | - |

* Inklusiv kølevand

Vandmængde : SILKEBORG 7171 $m^3$/døgn inkl. kølevand

Vandmængde : SILKEBORG 135 $m^3$/t papir inkl. kølevand

Vandmængde : J. SMITH 1071 $m^3$/døgn

Vandmængde : J. SMITH 142 $m^3$/t pap

Vandmængde : VILHOLT 1754 $m^3$/døgn

Vandmængde : VILHOLT 185 $m^3$/t pap

Det ses, hvad der måtte forventes, at Vilholt Papfabrik, hvor der ikke findes nogen form for rensning, relativt forurener mest.

Baseret på produceret enhed - ton pap - ses det, at flotationsanlægget på J. Smith's Papfabrik nedbringer forureningsmængderne i afløbsvandet her med 50% eller mere i forhold til Vilholt Papfabriks afløbsvand. Betragtes forholdet mellem suspenderet materiale og tørstofindholdet, ses det, at Silkeborg Papirfabrik og J. Smiths Papfabrik har fjernet en del grovkornet materiale inden udledning, men der findes fortsat store mængder fintkornet materiale, f.eks. kaolin samt opløste salte i afløbsvandet, jf. også tabel 5.14 ($\frac{TS}{SS}$).

Tabel 5.14 Forholdet mellem gennemsnitskoncentrationer.

| | SILKEBORG | J. SMITH | VILHOLT | HUSSPILDE-VAND |
|---|---|---|---|---|
| $\frac{COD}{BI_5}$ | 1,8 | 2,2 | 2,6 | 1,7-2,0 |
| $\frac{PE}{BI_5}$ | 0,4 | 0,8 | 1,3 | 0,1-0,2 |
| $\frac{TS}{SS}$ | 4,4 | 4,1 | 2,0 | - |
| $\frac{BI_5}{Tot\text{-}N}$ | 24 | 45 | 33 | 5 |
| $\frac{BI_5}{Tot\text{-}P}$ | 120 | 200 | 120 | 15 |
| $\frac{N}{P}$ | 5 | 4 | 3 | 3 |

Nedbrydelighed

En biologisk nedbrydning af organisk stof i papirfabrikkens spildevand kræver tilstedeværelse af makro- og mikro-næringsstoffer. Da der er konstateret meget lave kvælstof- og fosforindhold kan disse stoffer blive begrænsende for nedbrydningen af organisk stof, f.eks. ved biologisk rensning:

Ved biologisk rensning af spildevand regnes med følgende optimale forhold

$$\frac{BI_5}{Tot\text{-}N} = 17 \quad og \quad \frac{BI_5}{Tot\text{-}P} = 90$$

og de tilsvarende grænseforhold for en biologisk omsætning er følgende

$$\frac{BI_5}{Tot\text{-}N} \leq 32 \quad og \quad \frac{BI_5}{Tot\text{-}P} \leq 150$$

Af tabel 5.14 ses det, at afløbsvandet fra J. Smith's Papfabrik mangler både kvælstof og fosfor for at opnå en fuldstændig biologisk omsætning.

For at følge nedbrydningsforholdene af det organiske stof i pap- og papirfabrikkernes afløbsvand kan koncentrationsforholdene $\frac{COD}{BI_5}$ og $\frac{KMnO_4}{BI_5} = \frac{PE}{BI_5}$ betragtes.

Det ses tydeligt, at den kemiske iltning med kaliumdichromat (COD) er langt mere gennemgribende end iltningen med $KMnO_4$ og for alle tre virksomheder ligger $\frac{COD}{BI_5}$ -forholdet på niveau med husspildevand.

På enkeltprøve udtaget den 10.9.1974 er der gennemført nedbrydelighedsforsøg, idet det biokemiske iltforbrug er blevet bestemt efter henholdsvis:

1 døgn ~ $BI_1$

4 døgn ~ $BI_4$

6 døgn ~ $BI_6$

8 døgn ~ $BI_8$

11 døgn ~ $BI_{11}$

13 døgn ~ $BI_{13}$

15 døgn ~ $BI_{15}$

20 døgn ~ $BI_{20}$

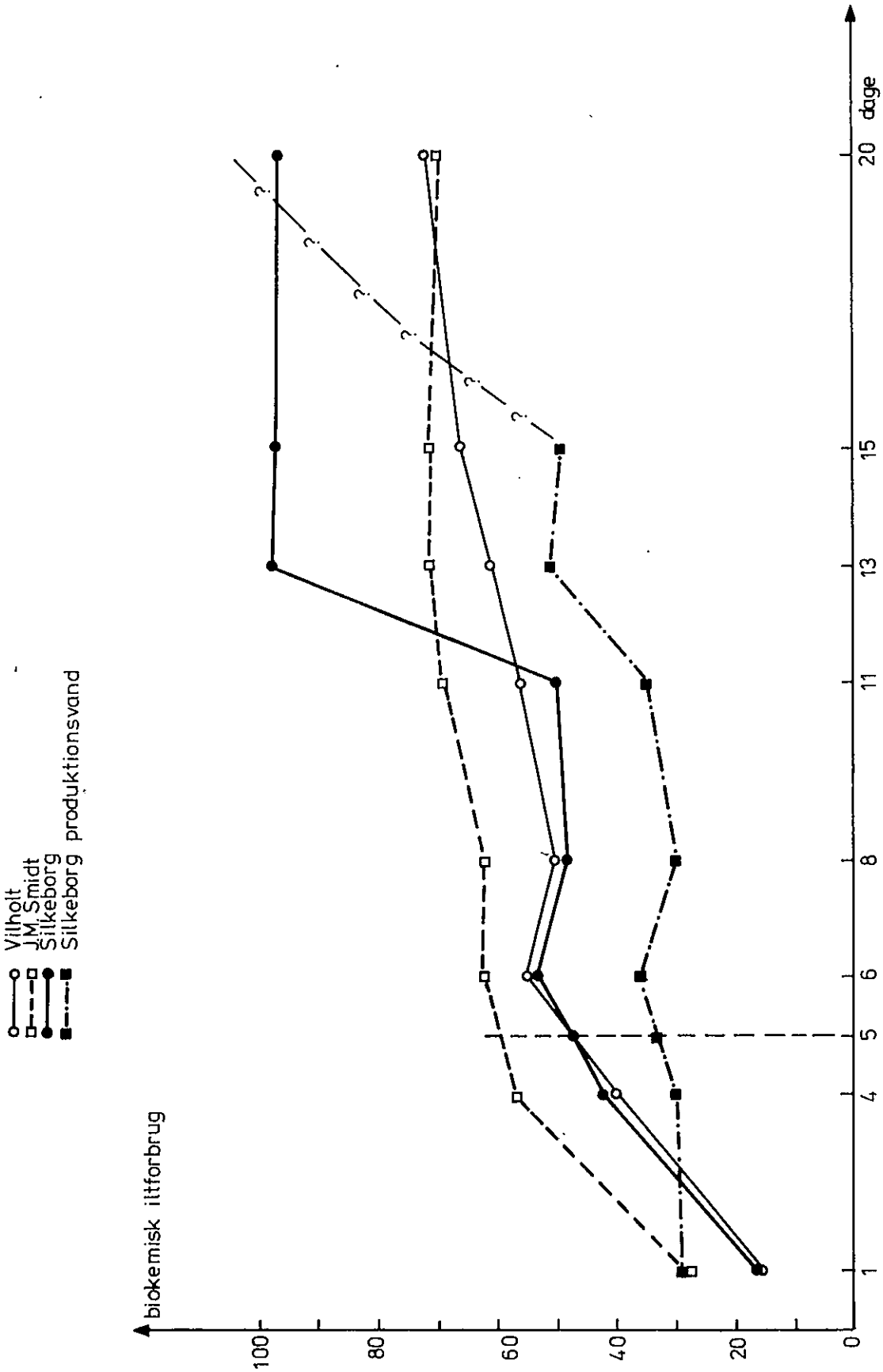
På fig. 5.4 er sammenhængen mellem det biokemiske iltforbrug og tiden angivet.

Det ses, at Silkeborg Papirfabriks afløbsvand nedbrydes i et to-trins forløb. Første nedbrydningstrin omfatter de letnedbrydelige forbindelser og andet de mere svært nedbrydelige, f.eks. cellulose. Det må antages, der ikke er tale om nitrifikation, da kvælstofindholdet er lille, men dette er dog ikke undersøgt. Produktionsvandprøven udviser samme to-trins nedbrydning, evt. tre-trins nedbrydning, men meget mere udpræget, idet det letnedbrydelige stof er nedbrudt efter ca. 1 døgn og herefter går der ca. 14 døgn, hvorefter iltforbruget stiger kraftigt (iltforbruget var så kraftigt, at iltindholdet i analyseflasken, $BI_{20}$, var opbrugt efter 20 døgn - derfor angivelsen, $BI_{20}$-?-?.

Ved beregning af nedbrydningskonstanterne tages derfor hensyn til to-trinsnedbrydningen (jf. nedenfor).

For afløbsvand er $\frac{BI_{20}}{BI_5} \simeq 2$

hvilket er i overensstemmelse med $\frac{COD}{BI_5}$ -værdien.




Figur 5.4 Nedbrydelighedskurver for virksomhedernes afløbsvand.

Afløbsvandet fra J. Smiths Papfabrik viste kun svagt et to-trins nedbrydningsforløb. Da forholdet

$$\frac{BI_{20}}{BI_5} = 1{,}2 \text{ afviger væsentligt fra}$$

$$\frac{COD}{BI_5} \text{ -gennemsnitsværdien } 2{,}2$$

kunne dette tyde på, at det egentlige andet trin, nedbrydning af de tungtnedbrydelige dele, er begyndt efter 20 døgn. Det må skønnes, at normalt vil 50% til 70% af det organiske stof blive omsat biologisk indenfor de første 20 døgn. Ved bestemmelse af nedbrydningskonstanten (se nedenfor) regnes derfor kun med eet nedbrydningstrin.

Afløbsvandet fra Vilholt Papirfabrik har et mere udpræget to-trins nedbrydningsforløb.

Forholdet $\frac{BI_{20}}{BI_5} = 1{,}6$ afviger fra

$\frac{COD}{BI_5}$ -gennemsnitsværdien 2,4,

men som man vil se af kurveforløbet, er det andet trin i nedbrydningsprocessen ikke afsluttet ved det tyvende døgn. Da dette nedbrydningsforløb foregår langsommere end første trin, og da ca. 70% af det organiske stof er omsat, skønnes det tilstrækkeligt at vurdere nedbrydningskonstanten for første trin.

Nedbrydningskonstanter

Nedbrydeligheden af det organiske stof i spildevandet udtrykkes gennem hastighedskonstanten = nedbrydningskonstanten K(døgn$^{-1}$).

Den "model", der ligger til grund for beregningen af den følgende angivne K'-værdi, bygger på, at nedbrydningsforløbet følger en 1. ordens reaktion.

Efter denne er iltforbruget pr. tidsenhed proportionalt med den tilbageværende koncentration af biologisk nedbrydeligt organisk stof, eller udtrykt matematisk

$$\div \frac{dL_t}{dt} = K \cdot L_t$$

hvor $L_t$ er koncentrationen af organisk stof til tiden t udtrykt i mg $O_2/l$. Ved integration fås

$$L_t = Lo \cdot e^{-Kt} = Lo \cdot 1o^{-K't}$$

hvor Lo er lig med det totale biokemiske iltforbrug for hvert nedbrydningstrin, og $L_t = Lo - BI_t$.

K' kan bestemmes ved at afbilde log $\frac{Lo}{L_t}$ som en funktion af tiden t, (retlinie). Hældningen af den rette linie er lig med hastighedskonstanten, K', og værdierne er bestemt til:

Tabel 5.15 Nedbrydningskonstanter

| | K' $døgn^{-1}$ |
|---|---|
| Silkeborg P., 1. trin | o,15 |
| Silkeborg P., 2. trin | o,7 |
| J. Smiths P. | o,13 |
| Vilholt P. | o,o8 |

For recipienterne Nørreå og Gudenå strækningen Vilholt - Mossø samt Silkeborg Langsø - Tangesø er hastighedskonstanterne for nedbrydning af organisk stof bestemt til: /2/ og /5/

| | |
|---|---|
| Gudenå (Sil - Tan) | 1,o $døgn^{-1}$ |
| Nørreå | o,74 $døgn^{-1}$ |
| Gudenå (Vil - Mossø) | o,32 $døgn^{-1}$ |

Bestemmelserne i laboratoriet af nedbrydningskonstanter er ca. halvt så store som tilsvarende "in situ" bestemte nedbrydningskonstanter. Tages hensyn hertil ses det, at nedbrydningen af organisk stof i recipienterne sker med større hastighed (2-3 gange hurtigere) end den, hvormed det organiske stof fra papir- og papfabrikkerne omsættes.

Hastighedskonstanten for Remstrup å er ikke bestemt, da opholdstiden her er mindre end 15 min. Opholdstiden i Silkeborg Langsø er ved minimumssituationer 4 - 5 døgn, d.v.s. at nedbrydningen af Silkeborg Papirfabriks opløste organiske stof vil ske dels i og dels efter Silkeborg Langsø, nemlig i Gudenåen (opholdstid ca. ½ døgn) og i Tange sø. Ved gennemsnitsvandføringssituationer vil nedbrydningen af det tungt nedbrydelige opløste organiske stof, svarende til 2. trin, nedbrydes i og efter Tange sø eventuelt først i Randers Fjord.

Da opholdstiden i Nørreå ved minimumssituationer er 3 - 4 døgn, ses det, at nedbrydningen af organisk stof fra Smiths Papfabrik hovedsageligt finder sted i Nørreå. Den tungtnedbrydelige del, svarende til ca. 2o % af det udledte organiske stof, nedbrydes dog først i Gudenåen efter Nørreå og/eller Randers Fjord.

Det organiske stof fra Vilholt Papfabrik vil hovedsageligt nedbrydes i Mossø, Gudensø og Himmelbjergsøerne, idet transporttiden, Vilholt - Mossø, ved mindstevandføringen 2 $m^3$/sek er 17 - 20 timer.

Sammenfatning vedr. organisk stof

For alle tre virksomheders vedkommende er det udledte organiske stof af en sådan beskaffenhed, at det nedbrydes langsomt, og derfor vil nedbrydningen finde sted i mere end een recipienttype, nemlig Nørreå eller/og Gudenå, visse af systemets søer og Randers Fjord. Mængden af organisk stof vil ikke give anledning til væsentligt iltforbrug ved udledning i de respektive recipienter selv ved minimumsafstrømningsforhold.

# 6. RECIPIENTFORHOLD

## 6.1 Silkeborg Papirfabrik - Remstrup å

Remstrup å modtager papirfabrikkens afløbsvand, og spildevandsfanen fra papirfabrikken kan konstateres umiddelbart efter udledningen og videre gennem Remstrup å og ud i Silkeborg Langsø.

Før udløbsledningen var (2/9 - 1975) koncentrationen af

totN ~ 1,1 mg/l
totP ~ o,3 mg/l
PE ~ 6,o mg $O_2$/l

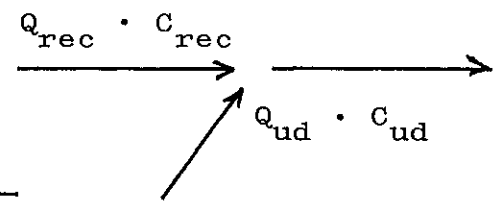
Vandføringen var ca. 7.7oo l/sek = $Q_{rec}$.

De tilsvarende gennemsnitskoncentrationer for afløbsvandet var

totN ~ 1,6 mg/l
totP ~ o,31 mg/l
PE ~ 18,1 mg $O_2$/l

Vandføringen var ca. 83 l/sek = $Q_{ud}$.

Herefter kan den aktuelle recipientbelastning (RB) vurderes ved en massebalanceopstilling:




$$RB = \frac{Q_{ud} \cdot C_{ud}}{Q_{rec} \cdot C_{rec}}$$

$C_u$ ~ udløbskoncentration

$C_{rec}$ ~ recipientkoncentration

For kvælstof fås $RB_N$ = o,o16

For fosfor fås $RB_P$ = o,o11

For organisk stof fås $RB_{PE}$ = o,o3

(PE ~ organisk stof bestemt som iltforbrug med $KMnO_4$)

Det ses, at kvælstof- og fosforudledningen fra papirfabrikken er marginal, og at papirfabrikkens andel af organisk stof i Remstrup å udgør ca. 3%.

Som angivet i afsnit 5.1 udleder papirfabrikken årligt store mængder fast stof, nemlig 650 ton/år (tørstof) og ca. 150 ton (suspenderet stof).
Hvis det antages, at der pr. liter udledt afløbsvand findes 2,5 $cm^3$ bundfældeligt materiale (svarende til bundfaldsmængden efter 2 timer, figur 5.1), betyder dette, at der årligt udledes fast stof med et rumfang på 4.500 $m^3$ fra papirfabrikken. Såfremt disse 4.500 $m^3$ fast stof fordeles jævnt over Silkeborg Langsø, østre bassin (areal 89 ha), vil det medføre, at sedimentet her vil vokse 0,5 cm pr. år alene på grund af fast stof-udledningen.

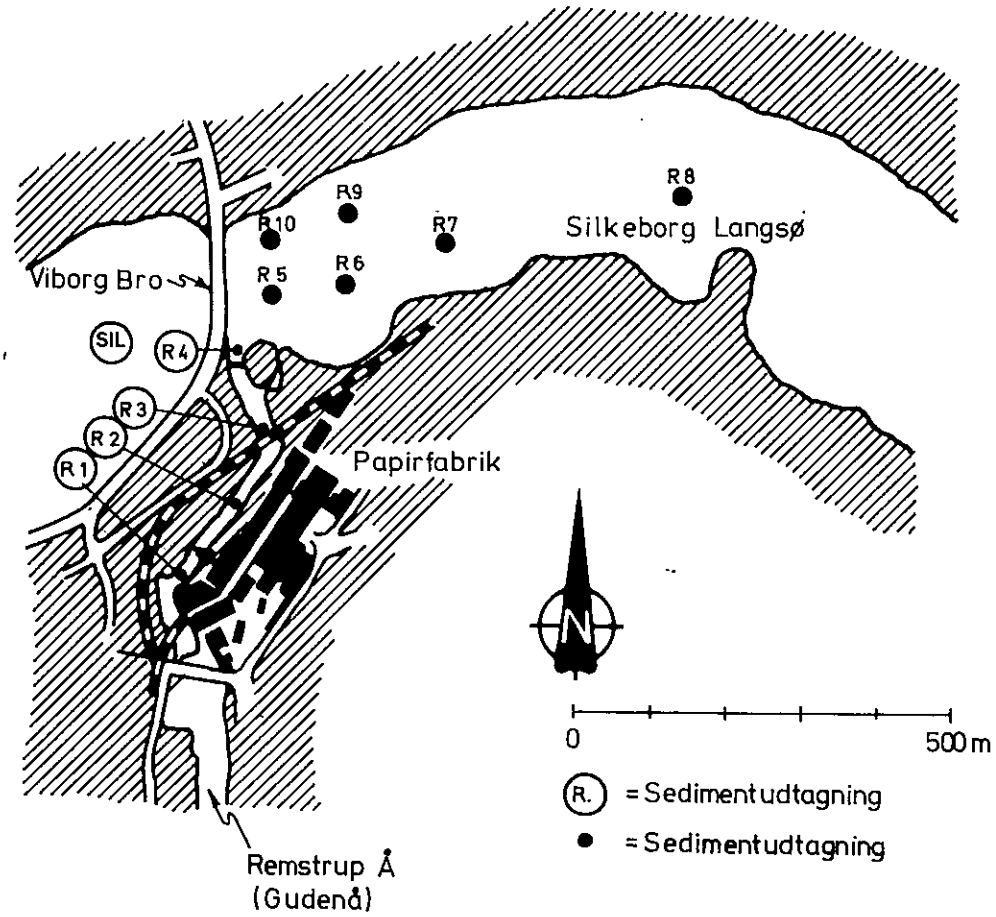
For at vurdere udbredelsen af det udledte faste stof er der udtaget sedimentkerneprøver ved en række lokaliteter i Remstrup å og Silkeborg Langsø.

Prøveudtagningsstederne er angivet på figur 6.1., og en oversigt vedrørende sedimentsammensætningen er givet i tabel 6.1. Den visuelle vurdering af sedimentsøjlerne fortæller, at det faste stof findes i Remstrup å dels som papirmasse, taver, og dels som kaolin.

I selve Silkeborg Langsø findes ikke umiddelbare spor af det faste stof, idet algesedimentationen tilslører tilstedeværelsen af såvel organisk som uorganisk stof udledt af papirfabrikken. Kviksølvsanalyser på sedimentsøjlerne viser derimod, at udbredelsen af fast stof fra papirfabrikken især er koncentreret omkring Remstrup å, Viborg bro og området nord for Århus-bakken.

Det må understreges, at der ved slamanalyserne på Silkeborg papirfabrik (tabel 5.4) ikke er konstateret usædvanlige kviksølvkoncentrationer. Virksomheden har end-

videre oplyst, at den aldrig selv har anvendt kviksølv som fungicid. Når der ved Gudenåundersøgelsen er konstateret stigende kviksølvkoncentrationer i sedimentet nedstrøms papirfabrikken, må dette skyldes tidligere import af kviksølvbehandlet papirmasse.
En egentlig vurdering af sedimentanalyserne for Silkeborg Langsø gives i Samlerapport, Gudenåundersøgelsen, februar 1976.




Figur 6.1 Sedimentudtagningsstationer.
Remstrup å og Silkeborg Langsø.

Tabel 6.1 Sedimentanalyser. Remstrup å og Silkeborg Langsø.
(Tal i parantes angiver fraktionsinterval i cm).

| SEDIMENTSØJLE NR. | Tørstof g/kg | Glødetab g/kg TS | COD g $O_2$/kg TS | Tot-N mg/kg TS | Tot-P mg/kg TS | Hg mg/kg TS | Bedømmelse struktur | Farve |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R1 ( 0 - 15) | 78o | 25 | 35 | 88o | 21o | o,oo2 | groft sand | grå-rød-brun |
| R2 ( 0 - 10) | 76o | 22 | 37 | 66o | 26o | o,7o6 | sand, org. stof, $H_2S$-lugt | grå-sort |
| R2 (10 - 20) | 67o | 12o | 14o | 98o | 32o | | groft sand org.stof | do |
| R3 ( 0 - 10) | 71o | 28 | 33 | 34o | 47o | o,o31 | leret, kaolin | lysegrå |
| R3 (10 - 20) | 71o | 45 | 32 | 74o | 52o | | leret, kaolin | do |
| R4 ( 0 - 10) | 59o | 66 | 54 | 11oo | 16o | - | groft sand træstumper | grå-brun |
| R4 (10 - 20) | 56o | 22o | 21o | 21oo | 16o | - | fint sand, org.stof | grå-sort |
| R4 (20 - 30) | 61o | 4o | 88 | 12oo | 27o | - | fint sand, org.stof | grå-sort |
| R5 ( 0 - 20) | 78o | 11 | 11 | 62o | 22o | - | groft sand org.stof | do |
| R5 (20 - 30) | 77o | 19 | 3o | 46o | 34o | - | fint sand, org.stof | grå |
| R5 (30 - 40) | 76o | 18 | 11 | 54o | 39o | - | groft sand org.stof | do |
| R6 ( 0 - 20) | 1oo | 27o | 41o | 123oo | 22oo | o,7o2 | sand og org.stof | do |

fortsættes

Tabel 6.1 (forts.)

(Tal i parantes angiver fraktionsinterval i cm)

| SEDIMENTSØJLE NR. | Tørstof g/kg | Glødetab g/kg TS | COD g $O_2$/kg TS | Tot-N mg/kg TS | Tot-P mg/kg TS | Hg mg/kg TS | Bedømmelse struktur | Farve |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R6 (20 - 40) | 12o | 25o | 41o | 1o4oo | 125o | 1,162 | sand og org.stof | grå |
| R6 (40 -200) | 22o | 22o | 31o | 88oo | 116o | 1,317 ✱ o,o71 ✱✱ | do | sort |
| R7 ( 0 -100) | 2oo | 23o | 25o | 1oooo | 81o | - | org.stof slammet | do |
| R8 ( 0 - 20) | 13o | - | - | - | - | 1,865 | do | grå-sort |
| R8 (20 - 50) | 13o | 24o | 36o | 91oo | 118o | o,866 | do | do |
| R8 (50 -100) | 19o | - | - | - | - | | do | sort |
| R9 ( 0 - 20) | 88 | 19o | 32o | 1o1oo | 192o | - | do | grå |
| R9 (20 - 50) | 17o | 19o | 5oo | 85oo | 69o | - | do + taver | do |
| R9 (50 -100) | 16o | 18o | 21o | 91oo | 1o8o | - | do | do |
| R10 ( 0 - 10) | 68o | 57 | 82 | 14oo | 74o | - | groft sand org.stof | do |
| R10 (10 - 20) | 67o | 44 | 27 | 11oo | 55o | - | do | do |
| R10 (20 - 30) | 58o | 77 | 79 | 13oo | 25o | - | do | do |
| SIL ( 0 - 20) | 92 | 22o | 33o | 12ooo | 1o1o | | org.stof slammet | grå-sort |
| SIL (20 - 50) | 11o | 21o | 29o | 99ooo | 85o | 1,315 | do | do |
| SIL (50 -100) | 12o | 12o | 84o | 1o8oo | 76o | | do + træstykker | do |

✱ fraktionsinterval (40 - 100)
✱✱ fraktionsinterval (100 - 200)

## 6.2 J. Smiths Papfabrik

Det rensede afløbsvand fra papfabrikken udledes i Nørreåen umiddelbart før dennes sammenløb med Søndermølle å.

Ved målestationen ved Rindsholm, RIN, ca. 1,5 km før udledningen var koncentrationen den 9.9.1974 af tot-N ~ 1,2 mg/l og tot-P ~ 0,28 mg/l. Vandføringen var skønsmæssigt 1700 l/sek.

De tilsvarende gennemsnitskoncentrationer for afløbsvandet var

tot-N ~ 0,97 mg/l og tot-P ~ 0,22 mg/l

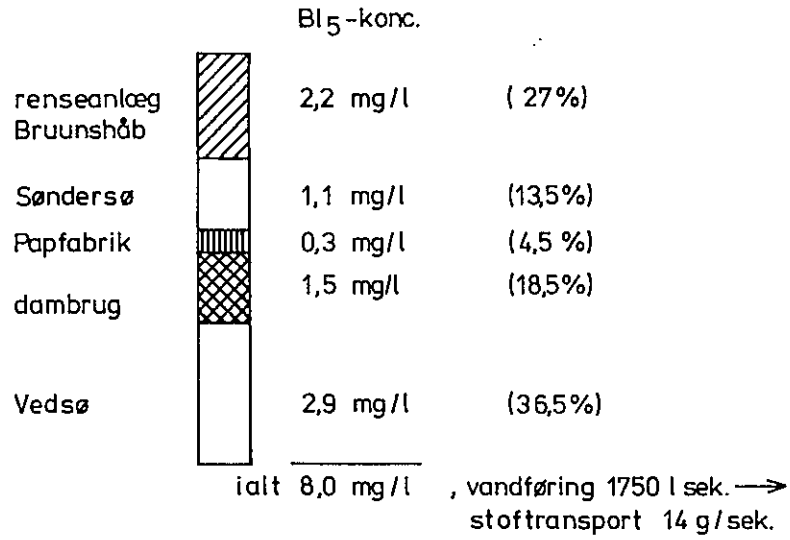
vandføringen var $Q_{ud}$ ~ 12,4 l/sek

Den aktuelle recipientbelastning kan herefter bestemmes således (idet koncentrationerne umiddelbart før udledningen antages at svare til de ved RIN fundne):

For total-kvælstof $RB_N$ = 0,009

For total-fosfor $RB_P$ = 0,006

For organisk stof kan $RB_{BI_5}$ bestemmes, idet fordelingen af bidrag til organisk stof i Nørreåen er bestemt ved Nørreå-undersøgelsen, /5/ (se nedenfor): $RB_{BI_5}$ = 0,05



Det ses, at papfabrikkens andel i forureningsbelastningen af Nørreå, hvad angår fosfor, kvælstof og organisk stof, er marginale.

Den angivne mængde af organisk stof i Nørreå giver tillige med plantevæksten anledning til dårlige iltforhold i åen, og recipientkapaciteten for organisk stof må betragtes som værende opbrugt. Følgelig bør papfabrikkens udledning af organisk stof ($BI_5$) ikke overstige den nuværende. Denne udgør 4,5% af den samlede belastning og opfylder de i kendelsen fastsatte krav.

Udledningen af fast stof udgør årligt 16 - 20 tons (suspenderet stof). Med henblik på at vurdere faststofudledningens effekt i Nørreåen udtoges sedimentkerneprøver i Nørreå og Søndermølle å (tidligere recipient for den gamle papfabriks afløbsvand). Kerneprøverne er udtaget på de i figur 6.2 viste lokaliteter. Analyseresultaterne er angivet i tabel 6.2.

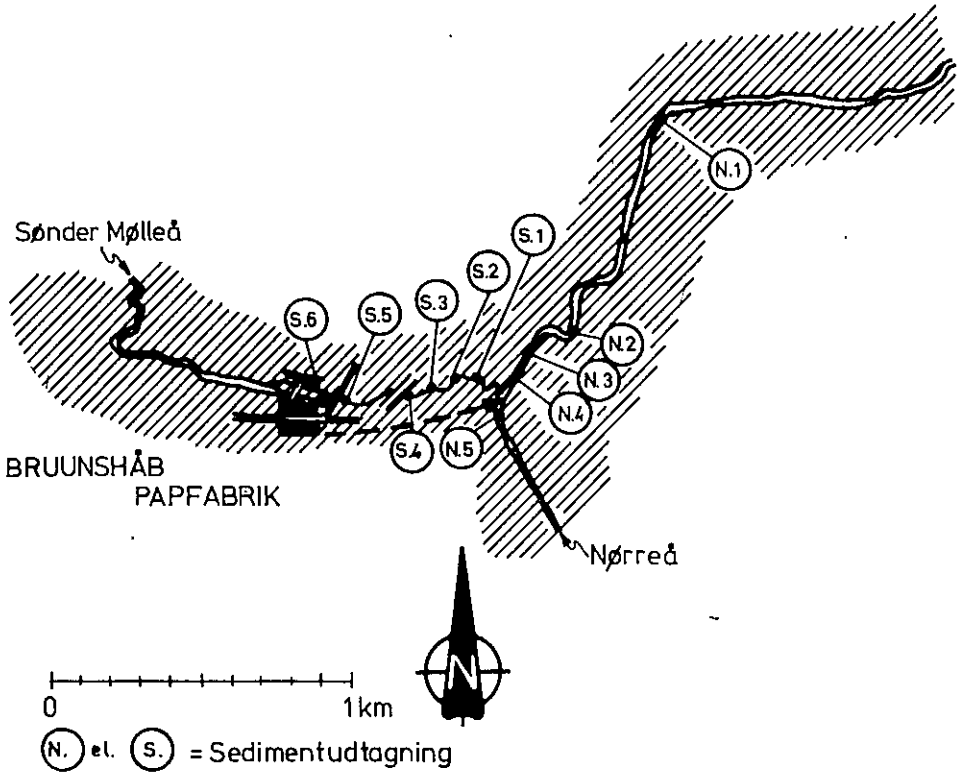
Den visuelle bedømmelse viser, at der i Nørreå kan konstateres rester fra papfabrikken umiddelbart efter sammenløbet med Søndermølle å, st. 4. Der er ikke konstateret egentlige rester fra papfabrikken ved de øvrige stationer i Nørreå, men dette skyldes, at den naturlige materialetransport (suspended load og bed load) samt suspenderet stof fra Viborgs rensningsanlæg, tilslører tilstedeværelse af fast stof udledt fra papfabrikken. Analyseresultaterne viser, at sedimentfraktionerne med egentlige papirrester i sammensætning adskiller sig væsentlig fra de øvrige sedimentfraktioner. Karakteristisk er det lave tørstofindhold, men høje glødetab, COD og kvælstofindhold.

Kviksølvkoncentrationerne er lave, men det må bemærkes, at de analyserede prøver ikke indeholder egentlige papirrester, men sand, som har ringe bindingskapacitet over for de fleste kviksølvforbindelser. I øvrigt er der ikke konstateret kviksølv af væsentlig betydning i sedimenterbart materiale fra virksomheden, jf. tabel 5.8.

Tabel 6.2 Sedimentanalyser. Nørreå og Søndermølle å.
(Tal i parantes angiver fraktionsinterval i cm)

| SEDIMENTSØJLE NR. | | Tørstof g/kg | Glødetab g/kg TS | COD g $O_2$/kg TS | Tot-N mg/kg TS | Tot-P mg/kg TS | Hg mg/kg TS | Bedømmelse struktur | Farve |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N1 | ( 0 - 35) | 72o | 17 | 23 | 74o | 68o | - | let sandet | brun-sort |
| N2 | ( 0 - 30) | 77o | 11 | 1o | 44o | 58o | o,o2 | do | |
| N3 | ( 0 - 30) | 59o | 63 | 62 | 22oo | 61o | - | do | |
| N4 a | ( 0 - 10) | 76o | 41 | 32 | 14o | 47o | - | sandet | |
| N4a | (10 - 25) | 12o | 7oo | 83o | 183oo | 12oo | - | papirrester | |
| N4b | ( 0 - 10) | 73o | 14 | 34 | 96o | 79o | - | sandet | |
| N4b | (10 - 20) | 24o | 33o | 48o | 1o5oo | 52o | - | papirrester | |
| N4b | (20 - 30) | 19o | 34o | 53o | 9ooo | 58o | - | do | |
| N5 | ( 0 - 45) | 8oo | 21 | 15 | 66o | 52o | o,oo7 | sandet | |
| S1 | ( 0 - 5) | 62o | 32 | 2,7 | 4oo | 7oo | o,o43 | fint sand | gul-brun |
| S1 | ( 5 - 12) | 81o | 1,6 | 6,2 | 4oo | 22o | - | sand, $H_2S$-lugt | grå-sort |
| S1 | (12 - 34) | 79o | 9,6 | 1o | 32o | 93o | - | sand | grå-sort |
| S4 | ( 3 - 15) | 76o | 14o | 33 | 64o | 24o | - | org.mat. | sort |
| S5 | ( 0 - 3) | 81o | 29 | 32 | 1ooo | 31o | - | do | grå |
| S5 | ( 3 - 10) | 45o | 13o | 13o | 14o | 79o | o,o46 | do | grå-sort |
| S5 | (10 - 20) | 79o | 7,3 | 11 | 6oo | 14o | | do | grå-sort |
| S6 | ( 0 - 10) | 78o | 34 | 23 | 34o | 74o | - | sand | grå |

a = udtaget ved midte
b = udtaget ved bred




Figur 6.2 Sedimentudtagningsstationer, Nørreå og Søndermølle å.

## 6.3 Vilholt Papfabrik - Gudenåen

Afløbsvandet fra Vilholt Papfabrik udledes direkte i Gudenåen.

Ved vurderingen af den aktuelle recipientbelastning benyttes analyseresultaterne fra målestationen ved Vorvads bro beliggende ca. 1 km opstrøms Vilholt.

Den 2.9.1974 var tot-N = 1,4 mg/l,
tot-P = o,15 mg/l
PE = 3,2 mg $O_2$/l
vandf. ca. 2000 l/sek

Afløbsvandet fra Vilholt Papfabrik havde en gennemsnitskoncentration således:

tot-N = 1,8 mg/l
tot-P = o,5 mg/l
PE = 72 mg $O_2$/l
vandmgd ca. 20 l/sek

Recipientbelastningen bliver

For total kvælstof $RB_N$ = o,o13

For total fosfor $RB_P$ = o,o33

For organisk stof $RB_{PE}$ = o,23

Det ses, at Vilholt Papfabriks aktuelle bidrag til næringsstofbelastningen af Gudenå er lille, hvorimod belastningen med organisk stof udgør ca. 23% af Gudenåens eget indhold af organisk stof. Da nedbrydningsforløbet som angivet i afsnit 5.4 for papfabrikkens organiske stof foregår langsommere end omsætningen af åens øvrige organiske stof, betyder dette, at iltforbruget på strækningen nedstrøms Vilholt ikke bliver maximalt, og da sam-

tidig geniltningen på den pågældende strækning er virkelig god, genluftningskonstanten er bestemt til $K_2$ = 2,7 døgn$^{-1}$/2 /, betyder dette, at der er rimeligt gode iltforhold nedstrøms papfabrikken. Dette er bekræftet ved døgnundersøgelserne juni 1974, /2 /.

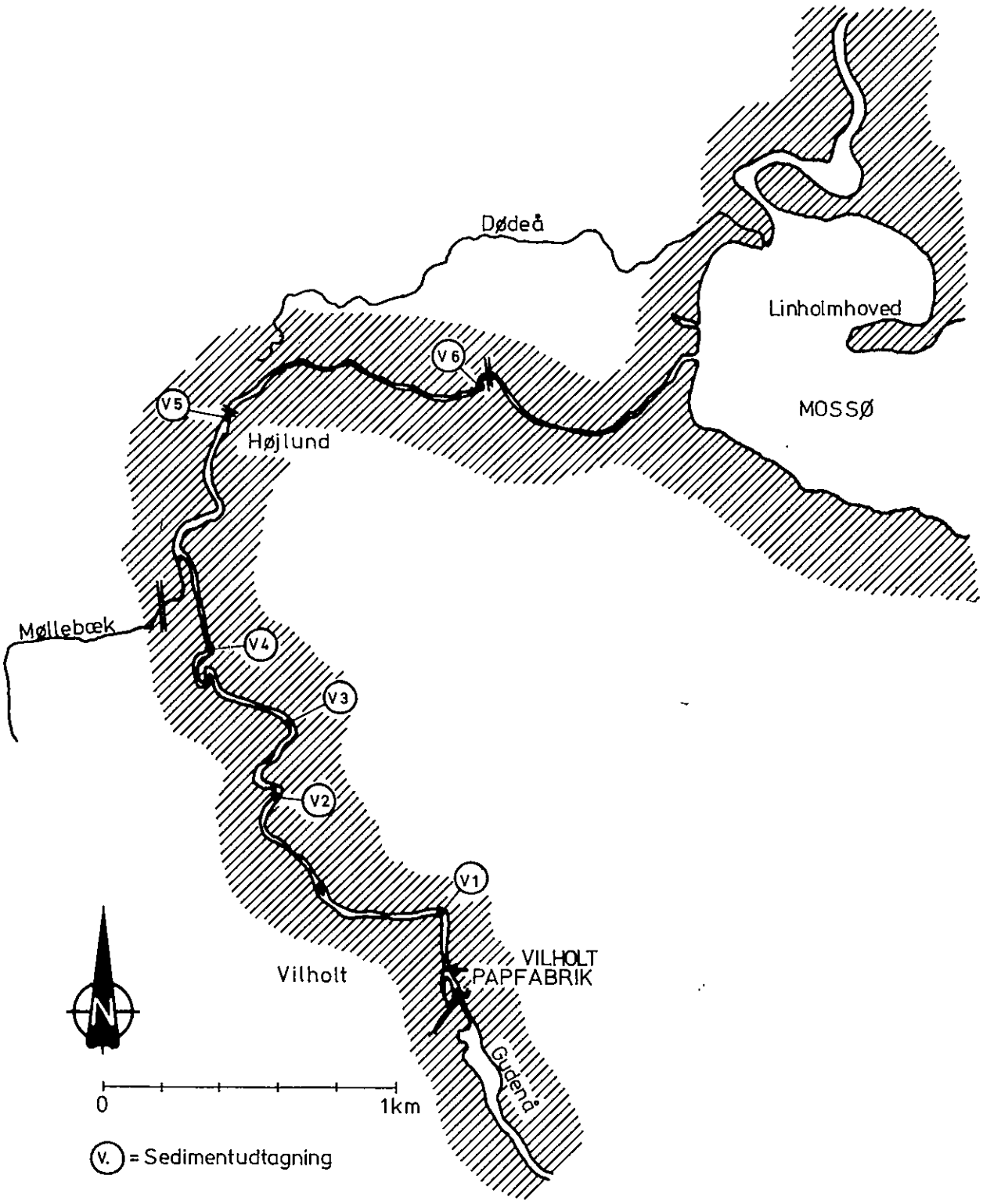
Der udledes årligt 230 t fast stof (tørstof) fra Vilholt Papfabrik. Såfremt det antages, at det udledte faste stof ved bundfældning (2 timer) fylder 5 cm$^3$/l, svarer dette til en udledning på ca. 2.500 m$^3$ bundfældeligt stof årligt. Fordeles denne slammængde jævnt i Mossø-bassinet ved Lindholm Hoved, vil det svare til en sedimenttilvækst på ca. 0,5 cm årligt.

Der er udtaget sedimentkerneprøver nedstrøms papfabrikken (se figur 6.3) for at vurdere en evt. bundfældning af det udledte faste stof i Gudenåen. Analyseresultaterne fremgår af tabel 6.3.

Den visuelle bedømmelse fortæller, at man ikke i sedimentet genfinder egentlige rester fra papirfabrikkens udledning 1,5 - 2 km fra denne. De øvrige analyseresultater udviser ingen særlig systematik udover en naturlig parallel i koncentrationen af organisk (glødetab og COD) og total-kvælstof.

Kviksølvkoncentrationerne er lave, hvilket er i overensstemmelse med, at der kun er konstateret ubetydelige mængder kviksølv i slamprøverne fra virksomheden, tabel 5.12.

Der er udtaget sedimentkerneprøver i Mossø, men disse er ikke færdiganalyseret på indeværende tidspunkt. Disse afrapporteres i Samlerapport, Gudenåundersøgelsen 1973-75.




Figur 6.3 Sedimentudtagningsstationer, Gudenå nedstrøms Vilholt Papfabrik.

Tabel 6.3 Sedimentanalyser. Gudenå efter Vilholt.
(Tal i parantes angiver fraktionsinterval i cm)

| SEDIMENTSØJLE NR. | Tørstof g/kg | Glødetab g/kg TS | Org. stof COD g $O_2$/l | Tot-N mg/kg TS | Tot-P mg/kg TS | Hg mg/kg TS | Bedømmelse Struktur | Farve |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V1 ( 0 - 10) | 770 | 6,4 | 6,6 | 180 | 280 | 0,003 | sand med grus | gul-brun |
| V1 (10 - 20) | 830 | 6,4 | 2,7 | 400 | 220 | | sand med fibre | gul-brun |
| V1 (20 - 50) | 850 | 4,3 | 2,4 | 340 | 140 | 0,006 | groft sand | rød-brun |
| V2 ( 0 - 10) | 770 | 13 | 7,7 | 540 | 180 | - | mudret, sandet, papirres. | grå |
| V2 (10 - 20) | 710 | 19 | 27 | 980 | 300 | - | mudret, sandet | grå |
| V3 ( 0 - 5) | 720 | 12 | 16 | 740 | 550 | 0,012 | sand, lugt af $H_2S$ | rød-brun |
| V3 ( 5 - 30) | 750 | 12 | 9,9 | 520 | 350 | 0,021 | sand | rød-brun |
| V4 ( 0 - 10) | 830 | 6,1 | 2,9 | 280 | 840 | - | sandet, musling. | rød-brun |
| V4 (10 - 30) | 800 | 6,1 | 6,4 | 480 | 210 | - | sand og grus | |
| V5 ( 0 - 10) | 820 | 4,0 | 2,4 | 200 | 310 | 0,042 | sand | rød-brun |
| V5 (10 - 20) | 750 | 18 | 22 | 880 | 620 | 0,010 | org.stof, lugt af $H_2S$ | grå-brun |
| V5 (20 - 30) | 800 | 6,8 | 5,8 | 240 | 270 | | sand, træstumper | grå-brun |
| V5 ( 0 - 40) | 540 | 54 | 54 | 1400 | 170 | - | - | - |
| V6 ( 0 - 20) | 710 | 20 | 24,5 | 640 | 120 | - | org.stof | grå-brun |
| V6 (20 - 30) | 820 | 2,4 | 3,1 | 0,10 | 160 | - | sand | grå-brun |

## 7. KONKLUSION

### Silkeborg Papirfabrik

Udløbsvandet fra Silkeborg Papirfabrik tilfører pr. arbejdsdøgn recipienten Remstrup å (Gudenåen i Silkeborg) følgende stofmængder:

| | | |
|---|---|---|
| total kvælstof | 1o,8 | kg |
| total fosfor | 2,2 | kg |
| organisk stof ($BI_5$) | 28o | kg |
| organisk stof (COD) | 499 | kg |
| fast stof, suspenderet stof | 585 | kg |
| fast stof, tørstof | 2.6oo | kg |

For recipientsystemet Remstrup å og Silkeborg Langsø udgør de udledte mængder næringsstoffer kun 1 - 2 % af tilførslen fra Himmelbjergsøerne. Den udledte mængde organisk stof, som udgør 5 - 6 % af den fra Himmelbjergsøerne tilførte mængde organisk stof, medfører ved minimumsafstrømning en maksimumsforøgelse af det organiske stof på max. $\Delta_{BI_5} \sim$ o,6 mg $O_2/l$ og max. $\Delta_{COD} \sim$ 1,2 mg $O_2/l$. Disse koncentrationsforøgelser vil ikke få nogen væsentlig indflydelse på iltforholdene i recipientsystemet, fordi nedbrydningen af det organiske stof fra Silkeborg Papirfabrik foregår i to trin og med relativt lille hastighed.

De store mængder fast stof (målt som suspenderet stof såvel som tørstof), der tilføres recipientsystemet, aflejres dels i Remstrup å og dels i Silkeborg Langsø omkring Viborg bro. I forhold til den kommende spildevandsudledning fra Silkeborg kommune, ca. 2oo kg/døgn, er den nuværende udledning fra papirfabrikkerne af suspenderet stof ca. 3 gange så stor.

Bundfældningsbestemmelser på afløbsvandet viser, at der kan fjernes væsentlige mængder fast stof blot ved 3o minutters bundfældningstid. Analyser af det bundfældede materiale viser et tungmetalindhold på

niveau med eller lavere end slam fra ubelastet spildevand. På sedimentprøver fra Remstrup å og Silkeborg Langsø viser kviksølvindholdet, at der tidligere er udledt kviksølvholdigt papirmasse. Silkeborg Papirfabrik oplyser, at virksomheden ikke selv har anvendt kviksølv som svampebekæmpelsesmiddel, hvorfor dette må være importeret med papirmasse indkøbt udefra. I forbindelse med Gudenåundersøgelsens afrapportering af "sediment- og tungmetalundersøgelserne" vil effekten af det kviksølvbelastede sediment i Silkeborg Langsø blive vurderet.

Anbefalinger

Det må anbefales, at der stilles krav til udledningen af fast stof, således at mængden af udledt suspenderet stof f.eks. ikke må overstige den af Silkeborg kommune udledte faststofmængde.

Vedrørende udledning af eventuelle tungmetaller og særligt skadelige stoffer anbefales det, at der stilles krav i overensstemmelse med de i Miljøstyrelsens "Vejledende bestemmelser for udledning af spildevand", nr. 6/1974, angivne.

For at kunne kontrollere de opstillede udledningskrav anbefales det, at papirfabrikkerne adskiller køle- og produktionsvandsudledningen og etablerer kontinuerlig måling af vandmængderne fra produktionsnettet.

J. Smiths Papfabrik

I måleperioden udledtes der i Nørreåen fra den nye afdeling af J. Smiths Papfabrik pr. arbejdsdøgn følgende stofmængder:

| | |
|---|---|
| total kvælstof | 1,o kg |
| total fosfor | o,2 kg |

| | | |
|---|---|---|
| organisk stof ($BI_5$) | 47 | kg |
| organisk stof (COD) | 1o7 | kg |
| fast stof (SS) | 82,5 | kg |
| fast stof (TS) | 343 | kg |

De udledte mængder næringsstoffer udgør o,5 - 1 % af de mængder, Nørreåen transporterer umiddelbart før spildevandsudledningen. Den udledte mængde organisk stof, som udgør ca. 7 % af Nørreå-belastningen fra Vedsø og Rindsholm dambrug, vil ved minimumsafstrømning maksimalt forøge mængden af organisk stof således: max $\Delta_{BI_5} \sim$ o,3 mg $O_2$/l og max $\Delta_{COD} \sim$ o,7 mg $O_2$/l. Disse koncentrationsforøgelser vil ikke få nogen væsentlig indflydelse på iltforholdene i Nørreå, da nedbrydningen foregår langsomt. I forhold til udledningen fra Viborg kommunes renseanlæg udgør den målte belastning fra papfabrikken ca. 15 %. Af totalbelastningen af Nørreå ved sammenløbet med Søndermølle å og udledningen fra Viborg renseanlæg udgør papfabrikkens andel ca. 5 %.

Den registrerede udledte mængde organisk stof overholdt den i kendelse af 3. september 1973 fastsatte tilladelige mængde, (50 kg pr. døgn opgjort på arbejdsugebasis), og da Nørreås recipientkapacitet med hensyn til organisk stof er opbrugt, bør den udledte mængde ikke overstige kendelsens krav.

Den udledte mængde fast stof overholder <u>ikke</u> kendelse af 3. september 1973 fastsatte tilladelige mængde (5o kg/døgn opgjort på ugebasis). Bundfældningsbestemmelser viser, at der til trods for behandling i flotationsanlæg findes bundfældeligt materiale i afløbsvandet, og at det er muligt med 15 - 3o minutters opholdstid at fjerne skønsmæssigt 5o - 75 % af den stofmængde, der bundfældes inden for to timer. Den samlede mængde af bundfældeligt stof er dog reduceret væsentligt ved flotationsprocessen.

Tungmetalanalyser på det bundfældede materiale viser koncentrationer, der ligger væsentligt under tilsvarende koncentrationer af ubelastet spildevandsslam.

Sedimentkerneprøver udtaget i Nørreå (og Søndermølle å) viser kun tegn på udledning fra papfabrikken umiddelbart nedstrøms kloakudløbet. Dette skyldes, at Nørreå på den undersøgte strækning har en god transportkapacitet for suspenderet materiale, og at det udledte faste stof let holdes i suspension.

Der er ikke konstateret usædvanlige kviksølvkoncentrationer i de undersøgte sedimentkerneprøver.

Anbefaling

Det må anbefales, at papfabrikken overholder de i kendelse af 3. september 1973 fastsatte krav, og det foreslås i den anledning, at flotationsprocessen forbedres, og at der eventuelt etableres et mindre bundfældningsanlæg før eller efter flotationsanlægget afhængigt af, hvor effekten er størst.

Vedrørende udledning af eventuelle tungmetaller og særligt skadelige stoffer anbefales det, at der stilles krav i overensstemmelse med de i Miljøstyrelsens "Vejledende bestemmelser for udledning af spildevand", nr. 6/1974, angivne.

Vilholt Papfabrik

Fra Vilholt Papfabrik udledtes der i måleperioden pr. arbejdsdøgn følgende stofmængder til Gudenåen:

| | | |
|---|---|---|
| total kvælstof | 3,2 | kg |
| total fosfor | o,9 | kg |
| organisk stof ($BI_5$) | 1o3 | kg |
| organisk stof (COD) | 267 | kg |
| fast stof (SS) | 46o | kg |
| fast stof (TS) | 929 | kg |

De udledte mængder næringsstoffer udgør 2 - 3 % af Gudenåens egen transport ved Vilholt.

Den udledte mængde organisk stof, som udgør ca. 23 % af egentransporten i Gudenåen, vil ved minimumsafstrømning maksimalt forøge mængden af organisk stof således: $\Delta_{BI_5} \sim 0{,}6$ mg $O_2/l$ og $\Delta_{COD} \sim 1{,}5$ mg $O_2/l$. Disse koncentrationsforøgelser vil ikke få nogen væsentlig indflydelse på iltforholdene i Gudenåen nedstrøms Vilholt, da nedbrydningen foregår langsomt, og da geniltningen på denne strækning af Gudenåen er kraftig.

Store mængder af fast stof, som Vilholt Papfabrik udleder, er genfundet i Gudenåens sediment i området fra fabrikkens udløb og ca. 1.500 m nedstrøms denne. Gudenåens evne til at transportere suspenderet materiale er stor på strækningen Vilholt - Klostermølle, hvorfor Mossø optræder som egentligt sedimentationsbassin for faststofudledningen. Bundfældningsbestemmelser viser, at der kan bundfældes store mængder fast stof, og at der blot efter 15 minutters bundfældningstid kan opnås en turbiditetsforbedring på ca. 75 %.

Tungmetalbestemmelser på det bundfældede materiale viser koncentrationer, der er væsentligt under tungmetalkoncentrationerne i slam fra ubelastet spildevand.

Kviksølvkoncentrationerne i de undersøgte sedimentkerneprøver er lave.

Anbefalinger

Det anbefales, at udledning af urenset afløbsvand bringes til ophør, og at der stilles krav om en væsentlig reduktion i udledningen af fast stof, f.eks. målt som suspenderet stof, såfremt produktionen af pap fortsættes.
Da papproduktionen i øjeblikket er indstillet, og da det ikke er afklaret, hvilken produktion der forventes etableret, anbefales det, at Vilholt Pap-

fabrik inden en genoptagelse af spildevandsudledningen søger om godkendelse hos Vejle amt i henhold til Miljøbeskyttelsesloven § 1, stk. 3, og i overensstemmelse med Miljøbestyttelseslovens kapitel 5. (Lov nr. 372 af 13. juni 1973).

LITTERATURFORTEGNELSE

/1/ Vandføringsmålinger.
Gudenåundersøgelsen 1973 - 1975.
Hedeselskabet 1975.

/2/ Intensive vandløbsundersøgelser.
Gudenåundersøgelsen 1973 - 1975.
Vandkvalitetsinstituttet, ATV, 1975.

/3/ J. Smith's Papfabrik, Bruunshåb.
Landvæsenskommissionskendelse af 3. sept. 1973.

/4/ Pauly, Hans:
Kommunalt spildevandsslam.
Mineralogisk Institut, Lyngby, 1973.

/5/ Nørreå, Intensive vandløbsundersøgelser.
Gudenåundersøgelsen 1973 - 1975.
Vandkvalitetsinstituttet, ATV, 1974.

/6/ Silkeborg Papirfabrik.
Landvæsenskommissionskendelse af 19. aug. 1964.

/7/ Vejledning fra Miljøstyrelsen. Spildevand.
Vejledende bestemmelser for udledning af spildevand.
Vejledning nr. 6/74, juli 1974.

/8/ Viborg Amt.
Notat vedr."Nørreå's kapacitet som recipient for spildevand". Viborg, 1974.

KSN/BJ juli 1974

Vedr.: Gudenåundersøgelsen 1973-75. Spildevandsundersøgelser

I forbindelse med Gudenåundersøgelsen 1973-75 ønskes foretaget en supplerende undersøgelse af spildevandsbelastningen fra en
./. række renseanlæg og kloakudløb jfr. vedlagte projektbeskrivelse B.3.

Deres virksomhed er blandt de foreslåede spildevandsudledere, man vil undersøge. I den anledning tillader Gudenåudvalget og Vandkvalitetsinstituttet sig at rette henvendelse til Dem for at anmode om Deres medvirken. Denne medvirken skønnes at omfatte:

1. Hjælp med fremskaffelse af eksisterende oplysninger: analyseresultater, kloakoplysninger, herunder evt. dimensioneringsgrundlag, vandføringsmålinger m.m.
2. Mandskab og udstyr i forbindelse med etablering af måleopstilling og prøvetagning.

Den første egentlige måleserie forventes afviklet i uge 36 og 37 1974, hvorfor vi snarest vil rette henvendelse til Dem for at høre Deres bemærkninger til ovenstående.

For en god ordens skyld understreges det, at de indsamlede oplysninger vil blive behandlet med diskretion, og at undersøgelsesmaterialet så hurtigt som muligt vil blive stillet til Deres rådighed, således at De kan anvende det i Deres interne planlægning.

Vi beder Dem derfor snarest belejligt om at returnere vedlagte spørgeskema i udfyldt stand.

Med venlig hilsen

K. Strange Nielsen

SENDT TIL: Fa. Klostermølle & Vilholdt
Klostermølle
866o Skanderborg att: dir. Esben Lindgreen

J. Smiths Papfabrik A/S
Bruunshåb
8800 Viborg att: dir. Fusager

Silkeborg Papirfabrik
Århusvej
8600 Silkeborg att: civ.ing. H. Maglegård Andersen

Vedr. specielle tilføjelser til ovennævnte se bagsiden af side 2.

KSN/WT 1974-08-23
7.3.43

Vedr.: Undersøgelse af spildevand fra papirfabrikker i forbindelse med GUDENÅUNDERSØGELSEN 1973-75

Ifølge aftale med de respektive papirfabrikker skal nærmere undersøgelsesprogram herved fremsendes.

Fra mandag den 2.9.1974 til tirsdag den 3.9.1974 kl. 14.00 vil Vandkvalitetsinstituttet opsætte prøvetagere og trekantoverfald til bestemmelse af vandføring. Det vil i forbindelse med opsætning af trekantoverfald være ønskeligt at have en lokal mand til hjælp.

Fra tirsdag den 3.9.1974 kl. 14.00 udtages der prøver efter følgende program:

| | | PRØVE NR. |
|---|---|---|
| tirsdag | kl. 14-22 | 1 |
| tirsdag | kl. 22-06 | 2 |
| onsdag | kl. 06-14 | 3 |
| onsdag | kl. 14-22 | 4 |
| onsdag | kl. 22-06 | 5 |
| torsdag | kl. 06-14 | 6 |
| torsdag | kl. 14-22 | 7 |
| torsdag | kl. 22-06 | 8 |
| fredag | kl. 06-14 | 9 |
| fredag | kl. 14-22 | 10 |
| fredag | kl. 22-06 | 11 |
| lørdag | kl. 06-14 | 12 |
| lørdag | kl. 14-22 | 13 |
| lørdag | kl. 22-06 | 14 |
| søndag | kl. 06-14 | 15 |
| søndag | kl. 14-22 | 16 |
| søndag | kl. 22-06 | 17 |
| mandag | kl. 06-14 | 18 |
| mandag | kl. 14-22 | 19 |
| mandag | kl. 22-06 | 20 |
| tirsdag | kl. 06-14 | 21 |

Prøverne udtages som gennemsnitsprøver i den pågældende tidsperiode.

/2

V K I

1974-08-23-KSN/WT
sagsnr. 7.3.43
side 2

Vandkvalitetsinstituttet håber, at det vil være muligt for de respektive fabrikker at skifte prøveflaskerne kl. 22, det vil sige ved start af 2. skift.

Prøverne analyseres for følgende parametre:

total-N
total-P
COD-dichromat-permanganat
$BI_5$
tørstof-glødetab
turbiditet
2 timers bundfald
filtrerbare stoffer
pH

På døgnbasis bestemmes

TOC

Endvidere udtages der prøver til sedimentanalyse. Der udtages 1 sedimentprøve i gennemsnit for hele måleugen og denne analyseres for tungmetallerne:

kviksølv
cadmium
bly
chrom
nikkel
kobber
zink

På en gennemsnitsprøve for hele ugen udføres desuden undersøgelser over den biologiske nedbrydelighed.

Såfremt det er muligt ønskes vandurene aflæst tre gange i døgnet af hensyn til vandbalancen.

Endvidere vil der i ugens løb blive udtaget sedimentsøjler i bunden af recipienten efter spildevandsudløbet.

Med venlig hilsen

K. Strange Nielsen

SPECIELLE TILFØJELSER I BREVENE TIL:

Fa. Klostermølle & Vilholdt:

"Der forsøges opstillet en målekasse for enden af kloakudløbet. Strømfremføring til målested ønskes. Prøverne nr. 12-17 inkl. udgår."

---

J. Smiths Papfabrik A/S:

"Prøvetager opstilles i målebrønd, hvor Viborg kommune foretager prøvetagning. Sedimentprøve udtages med HCV."

---

Silkeborg Papirfabrik:

"Der opstilles trekantoverfald i renden ved udløbet. Strøm er nødvendig. Måleoverfaldet fremstilles af Vandkvalitetsinstituttet, men en mand med evt. supplerende værktøj er ønskelig."

---

WT