

0-102/75

BIOLOGISK RENSING AV FRUKTVANN FRA POTET-
MELFABRIKKENE

Saksbehandler: siv.ing. Ole Jakob Johansen
Medarbeidere: stud.techn: Tor Lindholt
 driftsing. Torbjørn Bjerkvold
 ing. Knut Moum
 tecn.lic: Peter Balmér
Rapporten avsluttet: 12. desember 1976

F O R O R D

Norsk institutt for vannforskning fikk sommeren 1975 i oppdrag av Norske Potetindustrier å undersøke muligheten for biologisk rensing av frukt vann fra potetmelfremstilling.

Forsøkene er utført i laboratoriemålestokk ved Norsk institutt for vannforskning og i halvteknisk målestokk ved Strand Brænderi. Første del av forsøkene i laboratorieforsøkene ble utført som en diplomoppgave av stud.techn. Tor Lindholt. Den praktiske del av forsøkene er utført av driftsing. Torbjørn Bjervold, Strand Brænderi, ing. Knut Moum og Ole Jakob Johansen. Sistnevnte har vært saksbehandler for prosjektet, stått for programopplegg, vurdert observasjonsmaterialet og skrevet rapporten. Tekn.lic. Peter Balmér har deltatt i vurderingen av det fremkomne materiale.

Ole Jakob Johansen

Brekke, 13. desember 1976

Ole Jakob Johansen

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
SAMMENDRAG	7
1 INNLEDNING	9
2 SAMMENSETNING AV FRUKTVANN	11
3 PRODUKSJON AV FRUKTVANN	14
4 FORSØK MED BIOLOGISK RENSING AV FRUKTVANN	15
5 FORSØK I LABORATORIEMÅLESTOKK	15
5.1 Utrustning og metodikk	16
5.2 Prøvetaking og målinger	17
5.3 Oppstartning og drift av forsøksanlegget	17
5.4 Sammensetning av frukt vannet som ble benyttet ved laboratorieforsøket	18
5.5 Forsøksbetingelser	19
5.6 Resultater og diskusjon	20
5.6.1 Nedbrytning av organisk stoff	20
5.6.2 Nedbrytningshastighet av organisk stoff som funksjon av driftstemperatur	26
5.6.3 Poding med aktivt slam	30
5.6.4 Betydning av frukt vannets fortykning på biologisk rensing av frukt vann	33
5.6.5 Fjerning av nitrogenforbindelser	35
5.6.6 Fjerning av fosfor	37
6 FORSØK I HALVTEKNISK MÅLESTOKK	37
6.1 Beskrivelse av forsøkslagunen	37
6.2 Prøvetaking og målinger	40
6.3 Oppstartning og drift av forsøkslagunen	41
6.4 Sammensetningen av frukt vannet som ble renset i forsøkslagunen	44
6.5 Resultater og diskusjon	44
6.5.1 Nedbrytning av organisk stoff	44
6.5.2 Fjerning av nitrogenforbindelser	47
6.5.3 Innvirkning av biologisk rensing på andre forurensningsparametre	47

	Side:
7 FJERNING AV FOSFORFORBINDELSER	48
7.1 Resultater - kjemisk felling av biologisk renset frukt vann fra laboratorieforsøkene	51
7.1.1 Fellingsforsøk med aluminiumsulfat	51
7.1.2 Fellingsforsøk med kalk	54
7.1.3 Felling med jernklorid og kalk	55
7.1.4 Felling av biologisk frukt vann fra forsøkslagunen	56
7.1.5 Hvordan bør fosforfjerningen foregå i en fullskala lagune?	58
8 UTFØRELSE OG DIMENSJONERING AV LAGUNEN FOR BIOLOGISK RENSING	60
9 KOSTNADER FOR BYGG OG DRIFT AV LAGUNE OG ETTERFELLINGS- ANLEGG	62
10 KONKLUSJON	64
11 LITTERATURLISTE	66
<hr/> BILAG	

TABELLFORTEGNELSE

	Side:
1 Sammensetning av potetråstoff	12
2 Sammensetning av tørrstoff i frukt vann	12
3 Biokjemisk-, kjemisk oksygenforbrukende stoff og fosforinnhold i frukt vann pr. kg potetmeltørrstoff	13
4 Biokjemisk-, kjemisk oksygenforbrukende stoff og fosforinnhold i uforynnet frukt vann	13
5 Noen komponenter i uforynnet frukt vann (middel-konsentrasjoner av 13 prøver)	14
6 Sannsynlige konsentrasjoner av frukt vann med fortyning 2 deler uforynnet frukt vann pluss 1 del vann	15
7 Program for prøvetaking for analyser og målinger	17
8 Sammensetning av frukt vannet som ble benyttet i laboratorieforsøkene	19
9 Forsøksbetingelser	20
10 Oksygenoverføring og effektforbruk som funksjon av væskedybden	39
11 Program for analyser og målinger	41
12 Sammensetning av ubehandlet frukt vann	44

FIGURFORTEGNELSE

	Side:
1 Prosesdiagram for fremstilling av potetmel	11
2 Prosesdiagram for utskilling av frukt vann fra revet potetmasse	14
3 Skisse av forsøksanlegg	16
4 Resultater fra forsøksanlegg nr. 1	22
5 Resultater fra forsøksanlegg nr. 5	23
6 Resultater fra forsøksanlegg nr. 6	25
7 Resultater fra forsøksanlegg nr. 8	27
8 Driftstemperaturens innflytelse på fjerning av kjemisk oksygenforbrukende stoff	28
9 Oksygenopptak som funksjon av oppholdstid	29
10 Innflytelse av slampoding på fjerning av kjemisk oksygenforbrukende stoff	31

	Side:
11 Mikroskopbilde av organismekulturen i frukt vann, 1% slampoding. Forstørrelse ca. 250 x	32
12 Mikroskopbilde av organismekulturen i frukt vann, 5% slampoding. Forstørrelse ca. 250 x	32
13 Mikroskopbilde av aktivt slam fra kommunalt rense- anlegg. Forstørrelse ca. 400 x	32
14 Fortynningens innflytelse på fjerning av kjemisk oksygenforbrukende stoff	34
15 Innflytelse av pH og temperatur på fordelingen av ammoniakk-gass og ammoniumioner i vann	35
16 Fjerning av total nitrogen som funksjon av opp- holdstid	36
17 Prinsippskisse for Helixor mammutlufter	38
18 Skisse av forsøkslagunen	38
19 Resultater fra forsøkslagunen	43
20 Titreringskurve for biologisk rensset frukt vann	49
21 Titreringskurve for biologisk rensset frukt vann	49
22 Resultater fra fellingsforsøkene med aluminium- sulfat	50
23 Resultater fra fellingsforsøkene med kalk	52
24 Resultater fra fellingsforsøkene med jernklorid pluss kalk	53
25 Resultater fra fellingsforsøkene med jernklorid pluss kalk i forsøkslagune	57

SAMMENDRAG

Forsøk med biologisk rensing av frukt vann fra potetmelfremstilling er utført både i laboratoriemålestokk og i en forsøkslagune.

Forsøkene i laboratoriemålestokk ble utført ved 5, 10 og 20 °C. Frukt vann ved ulike fortynninger ble forsøkt rensert. Innflytelse av poding med aktivt slam fra kommunale renseanlegg ble også undersøkt.

Forsøkene viste at frukt vannet med de undersøkte fortynninger var meget lett biologisk nedbrytbart. Således ble innholdet av biokjemisk oksygenforbrukende stoff i frukt vannet etter 10 døgns lufting ved 10 °C redusert fra 12 800 mg O/1 til 900 mg O/1. Etter 100 døgns lufting var biokjemisk oksygenforbruk redusert til 240 mg O/1 (98% BOF reduksjon). Ved 5 °C gikk som ventet renseprosessene langsommere. Således ble biokjemisk oksygenforbruk i frukt vannet redusert fra 8 540 mg O/1 til 570 mg O/1 i løpet av 100 døgn. Poding med biologisk slam fra kommunale renseanlegg for om mulig å øke nedbrytningshastigheten, hadde liten innflytelse på renseprosessene. Ved ingen av de 10 anlegg i laboratoriemålestokk ble det ved forsøkets slutt observert sedimenterbart slam.

Resultatene fra forsøkslagunen ved Strand Brænderi har også gitt lovende resultater. På grunn av den lave nedbrytningshastighet av organisk stoff vinterstid, ble lagunen i tidsrommet 20. november 1975 til 27. april 1976 luftet bare et par timer hver dag. I dette tidsrom ble innholdet av biokjemisk oksygenforbrukende stoff i frukt vannet redusert fra 10 200 mg O/1 til 8 000 mg O/1. Fra 27. april til 11. juni hvor luftningsintensiteten var 2.8 l luft/min. og m³ frukt vann, ble biokjemisk oksygenforbruk redusert fra 8 000 til 4 000 mg O/1. For å øke nedbrytningshastigheten av det biokjemisk oksygenforbrukende stoff, ble det den 11. juni montert et ekstra luftningssystem i forsøkslagunen. Ved monteringen oppstod det en lekkasje i lagunen slik at vannstanden sank ca. 10 cm pr. døgn. Dette førte til en ekstra økning av luftningsintensiteten i lagunen og således en økende nedbrytningshastighet av det biokjemisk oksygenforbrukende stoff. Således var innholdet av biokjemisk oksygenforbrukende stoff i frukt vannet allerede den 25. juli så lav som 310 mg O/1. Dette tilsvarer en fjerning av biokjemisk oksygenforbrukende stoff på 97%. Lekkasjen i forsøkslagunen har komplisert og gjort

våre beregninger på nødvendig blåsemaskinkapasitet i en eventuell full skala lagune noe usikker.

Ved oppstartning av forsøkslagunen var produksjonen av skum et problem. Skumproblemene ble løst ved å benytte skumdemper på silikonbasis og overrisling med sirkulerende frukt vann. Det har vært minimale eller ingen luktproblemer i forbindelse med lagunen.

For fjerning av fosfor fra det biologisk rensede frukt vann ble fellingsforsøk utført. Fellingsforsøkene viste at jernklorid pluss kalk gav de beste resultater. Felling av frukt vannet fra forsøkslagunen viste at en jernklorid-dose på 225 mg Fe/l og kalktilsetning til pH 9,0-9,5 gav en reduksjon av fosforkonsentrasjonene fra 170 mg P/l til 14 mg P/l. Dette tilsvarer en total fosforfjerning på 92%. Den kjemiske felling forårsaket en del slam. For en lagune med 6 000 m³ frukt vann vil det trolig bli produsert en slammengde på ca. 500 m³. Dette slam kan enten spres på jordarealer eller sendes til et kommunalt renseanlegg for avvanning.

1 INNLEDNING

Potetmelindustrien på Hedmarken er av Statens Forurensningstilsyn blitt pålagt å behandle fruktvannet fra potetmelfremstillingen slik at totale utslipp av organisk stoff målt som biokjemisk oksygenforbruk og fosfor reduseres minst 90%. Disse pålegg skal være oppfylt innen 30. juni 1977. I konsesjonsvilkårene heter det videre at landets potetmelfabrikker i samarbeid skal utrede hvilke behandlingsmetoder som er mest hensiktsmessige og at valg av metode skal skje i samråd med Statens Forurensningstilsyn.

Aktuelle metoder for behandling av fruktvannet er gjenvinning av fruktvanstoffet ved inndamping, gjenvinning av proteinene i fruktvannet kombinert med inndamping eller kombinert med biologisk rensing. Utsprøyting av fruktvannet på jordbruksarealer eller skogarealer kan også komme på tale.

Tidligere anså man biologisk rensing som en mindre aktuell rensemetode for fruktvann. Grunnen til dette var i første rekke at driften ved potetmelfabrikkene er sesongbetont slik at det ville være problemer å få igang et kontinuerlig biologisk anlegg hurtig nok for å oppfylle rensekravene. En annen viktig faktor som taler mot biologisk rensing, er at fruktvann inneholder mye lett nedbrytbare kullhydrater som kan gi problemer med slamsvelling i rensenanlegget.

Potetmelindustrien planlegger nå en kraftig nedskjæring i vannforbruket ved potetmelfremstillingen. Dette er en forutsetning bl.a. for at inndampingen skal bli økonomisk mulig. Den radikale minsking i vannforbruket gir også nye muligheter for biologisk rensing. Ved at vannforbruket reduseres kraftig, er det mulig å samle opp alt fruktvannet som produseres i en sesong i en dam. Fruktvannet i dammene kan da luftes om nødvendig i 3/4 år slik at en får en biologisk nedbrytning av det organiske stoff i fruktvannet. For å gjøre dette mest mulig økonomisk, kan daminnholdet vinterstid luftes med liten intensitet for så å øke denne utover sommeren når nedbrytningshastigheten er størst på grunn av høyere temperatur. Ved at man unngår kontinuerlig rensing av fruktvannet, vil en unngå problemer med slamsvelling. For å kunne redusere fosforkonsentrasjonene tilstrekkelig,

må man foreta en kjemisk felling før frukt vannet slippes ut i Mjøsa. Denne skisserte biologiske metode kan også benyttes i kombinasjon med andre behandlingsmetoder. Man kan f.eks. først foreta en utfelling av proteinene i frukt vannet og deretter foreta en biologisk rensing i lagune av det deproteinerte frukt vann. Biologisk rensing kan også kombineres ved inndampning ved at man foretar inndampning av det mest konsentrerte frukt vann og leder fortennet frukt vann til lagunen. Man kan også tenke seg å kombinere biologisk rensing med utsprøytning.

Biologisk rensing i en dam der alt frukt vann samles opp, vil ha store fordeler fra et driftssikkerhetssynspunkt fordi alt vann samles opp, og en har lang tid på seg før en må slippe ut noe. Ved et opplegg hvor frukt vannet må behandles kontinuerlig, vil en kunne få situasjoner hvor produksjonen må stoppes i kortere eller lengre tid fordi de anordninger som skal begrense utslippene ikke virker. Om en ikke kan akseptere slik risiko for produksjonsstans, må en disponere tanker eller dammer hvor en kan lagre avløpsvannet inntil det kan bli behandlet.

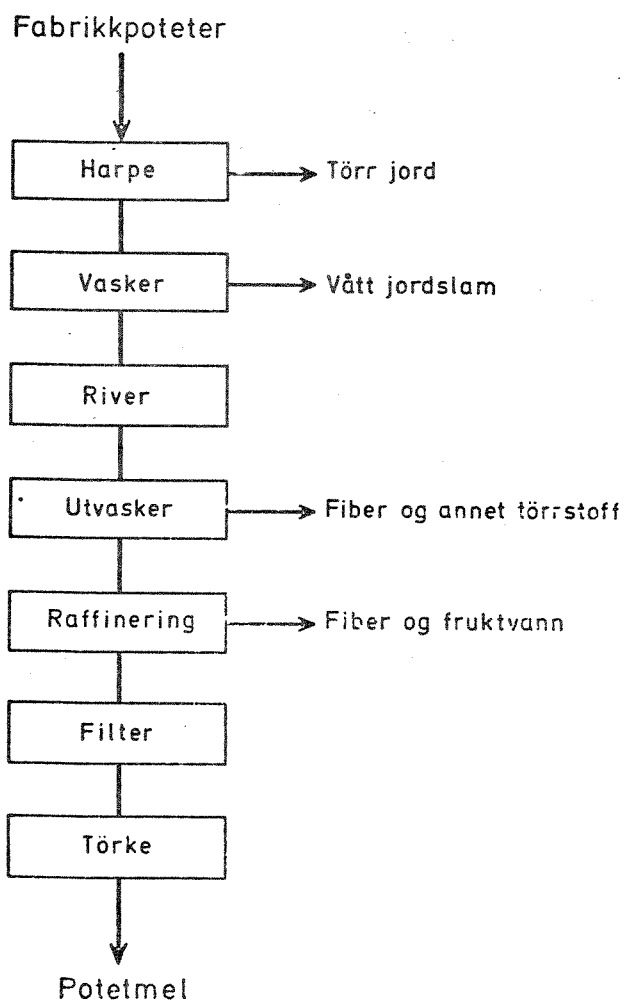
Den metode for biologisk rensing av frukt vann som er beskrevet ovenfor, ble skissert av Norsk institutt for vannforskning etter initiativ fra ledelsen ved Strand Brænderi. Instituttet fikk sommeren 1975 i oppdrag av Norske Potetindustrier å foreta de nødvendige forsøk for å skaffe tilveie det nødvendige dimensjoneringsgrunnlag og for å klarlegge eventuelle praktiske problemer. Prosjektet er finansiert som følger:

PRA:	100 000 kr.
NIVA:	25 000 kr.
Norske Potetindustrier :	<u>25 000 kr.</u>
Tils.:	<u>150 000 kr.</u>

I tillegg til dette kommer kostnadene forbundet ved bygging av en forskningslagune på Strand Brænderi.

2 SAMMENSETNING AV FRUKTVANN

Ved fremstilling av potetmel benyttes en mekanisk prosess hvor stivelses- kornene blir frigjort ved oppriving og utvasking. Som biprodukter eller avfallsprodukter fåes tørr jord, jordslam rasp og frukt vann. Prosessen er vist i figur 1 (1). Jorden og jordslammet føres tilbake til jordbruket eller hagebruk, og raspen selges som fôr. Fruktvannet har her i landet ikke blitt utnyttet og har ved at det er blitt sluppet ubehandlet ut i vass- dragene forårsaket store forurensninger.



Figur 1: Prosesdiagram for fremstilling av potetmel

Sammensetning og mengde frukt vann fra potetmelfremstilling vil selvsagt kunne variere innen vide grenser avhengig av vannmengdene som benyttes i produksjonen. Sammensetninger av potetråstoffet vil også kunne variere

noe. Tabell 1 angir noen gjennomsnittsverdier (1).

Tabell 1: Sammensetning av potetråstoff

Vann	76,6 %	}	100.0 %
Total tørrstoff	<u>23.4 %</u>		
Stivelse	16,2 %	}	23.4 %
Ikke stivelse	<u>7.2 %</u>		
Andre karbohydrater enn stivelse (sukker, pektin og diverse)	3.5 %)	
Fiber	0.6 %)	
Protein	2.0 %)	7.2 %
Fett	0.1 %)	
Aske	<u>1.0 %</u>)	
<u>Middeltall for sammensetning av asken</u>			
(som oksyder)	K ₂ O	56 %	
	P ₂ O ₅	15 %	
	S O ₃	6 %	
	Na ₂ O	3 %	
	Mg O	4 %	
	CaO	2 %	
	S O ₂	1 %	

Ved potetmelfremstillingen utnyttet ca. 90% av stivelsen. Sammensetningen av frukt vannet på tørrstoffbasis skulle derfor med unntak av stivelse og fiber bli det samme for potetråstoffet. Ut fra tabell 1 kan en derfor beregne at sammensetningen av tørrstoffet i frukt vannet blir som vist i tabell 2.

Tabell 2: Sammensetning av tørrstoffet i frukt vann

Bestanddel	Vektandel
Sukker, pektin og diverse andre karbohydrater	53
Protein	30
Fett	2
Aske	15

Ifølge tabell 1 inneholder asken i potetråstoffet 15 vektprosent P_2O_5 . Dette betyr at asken består av 6.1% fosfor og tørrstoffet i fruktvannet 0.85% fosfor. Når det gjelder innholdet av organisk stoff i fruktvannet, uttrykt som biokjemisk og kjemisk forbrukende, henvises til tabell 3 (1).

Tabell 3: Biokjemisk-, kjemisk oksygenforbrukende stoff og fosforinnhold i frukt vann pr. kg potettørrstoff

Parameter	g/kg potetråstoff
BOF ₅	450
BOF ₇	530
KOF	1 000
P	8.5

Hvis man betrakter uforynnet frukt vann med et tørrstoffinnhold på 6.6% (7.2 - 6.0, se tabell 1), får man de beregnede verdier på de viktigste forurensningskonsentrasjoner som vist i tabell 4.

I samme tabell er også de tilsvarende verdier oppgitt ved 5.1% tørrstoff i frukt vannet. Dette tørrstoffinnhold av uforynnet frukt vann ble funnet av potetindustriens laboratorium i forbindelse med undersøkelser av gjødselverdier av frukt vann. Andre middelverdier av forurensningsparametre fra de samme prøver er gjengitt i tabell 5.

Tabell 4: Biokjemisk-, kjemisk oksygenforbrukende stoff og fosforinnhold i uforynnet frukt vann

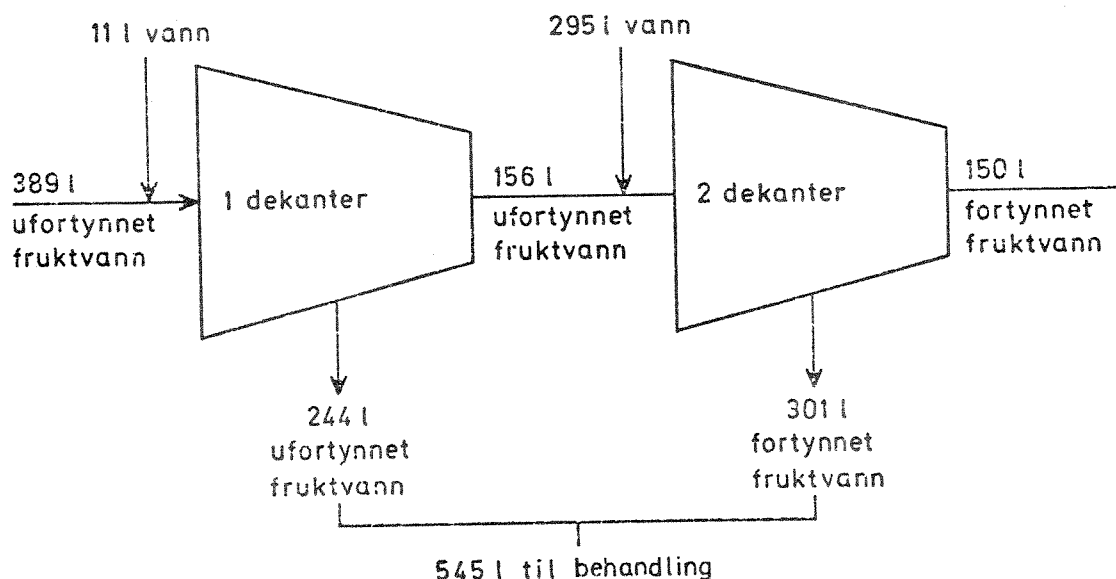
Parameter	Tørrstoffinnhold	
	6.6%	5.1%
BOF ₅ mg O/1	29 700	22 900
BOF ₇ mg O/1	35 000	27 000
KOF mg O/1	66 000	51 000
P Mg O/1	560	475

Tabell 5: Noen komponenter i ufortynnet frukt vann (middelkonsentrasjoner av 13 prøver)

Parameter	
Tørrstoff	5.1%
Total fosfor	390 mg P/l
Total nitrogen	2 500 mg N/l
Kalium	4 000 mg K/l

3 PRODUKSJON AV FRUKTVANN

Mengde frukt vann som må behandles avhenger helt av hvor meget vann som går med i produksjonen. Etter oppgaver fra Potetindustriens laboratorium (2), er potetmassen etter riving tenkt å passere 2 dekantere i serie. I første dekanter benyttes så små vannmengder at frukt vannet ut fra denne nærmest er å betrakte som ufortynnet. For å fjerne mest mulig av frukt vannet, tilsettes før andre dekantere 295 liter vann pr. 100 kg potetmel. Frukt vannet ut fra 2 dekantere har da en fortynning som tilsvarer 45% ufortynnet frukt vann og 55% vann. Prosessen er søkt anskueliggjort i figur 2. Frukt vannsmenger som må behandles, blir da 545 liter pr. 100 kg fremstilt potetmel. I det følgende er dette vurdert til 600 liter pr. 100 kg potetmel.



Figur 2: Prosesdiagram for utskilling av frukt vann fra revet potetmasse (angitt pr. 100 kg potetmel)

Etter tabell 4 og med et tørrstoffinnhold i det ufortynnede frukt vann på 5.1% skulle derfor innholdet av frukt vannet som skal behandles biologisk, omtrent bli som gjengitt i tabell 6.

Tabell 6: Sannsynlige konsentrasjoner av frukt vann med fortykning 2 deler ufortynnet frukt vann pluss 1 del vann (total frukt vannsmengde 6 l/kg potetmel)

Parameter	Konsentrasjon
BOF ₅ mg O/l	17 200
BOF ₇ mg O/l	20 200
KOF mg O/l	38 200
Tot-P mg F/l	355
Tørrstoffinnhold i %	3,8 (38 000 mg/l)

4 FORSØK MED BIOLOGISK RENSING AV FRUKTVANN

Forsøkene med biologisk rensing av frukt vann ble lagt opp slik at rensesprosessene kunne studeres både i laboratoriemålestokk og i halvteknisk målestokk.

Ved å utføre forsøk i laboratoriemålestokk, er det mulig å undersøke hvordan rensesprosessene påvirkes av ulike forhold under kontrollerte betingelser. For å klargjøre de praktiske problemer som vil oppstå, må en imidlertid utføre rensforsøk i halvteknisk målestokk.

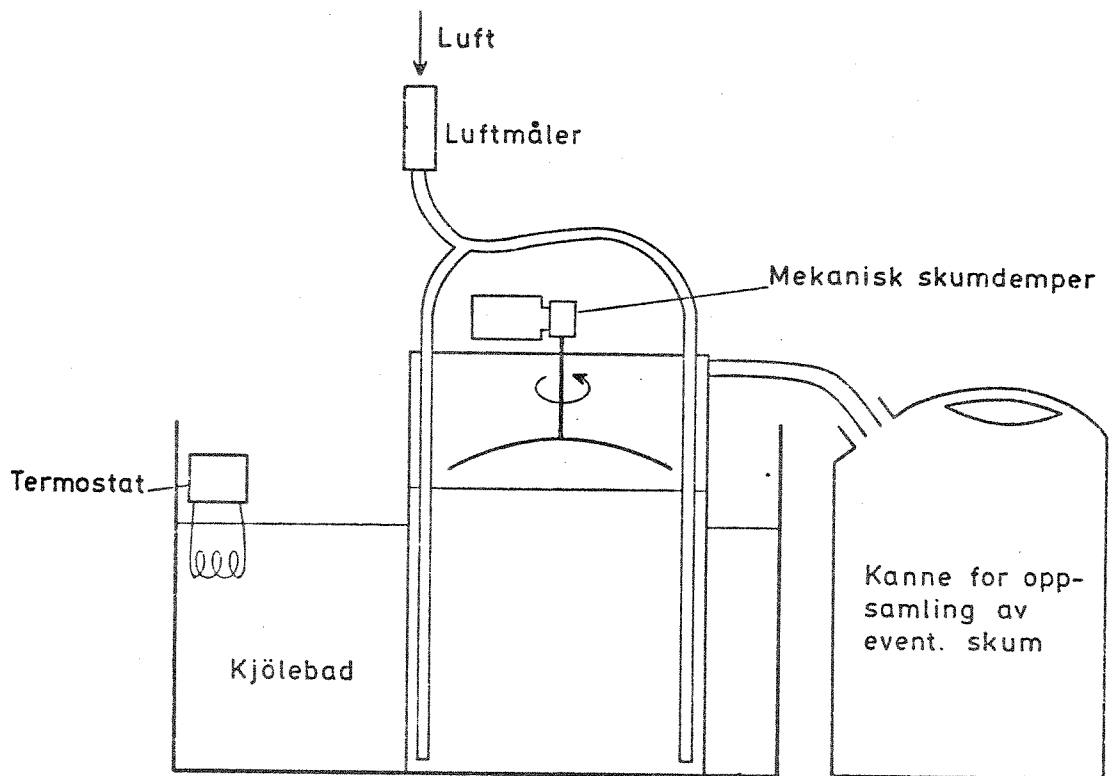
5 FORSØK I LABORATORIEMÅLESTOKK

Forsøkene i laboratoriemålestokk ble lagt opp slik at en kunne får belyst følgende forhold av betydning for nedbrytningsprosessene av frukt vann:

- 1 Driftstemperaturens innflytelse
- 2 Forskjellige fortyninger av frukt vannet
- 3 Hvordan poding av frukt vannet med aktivt slam innvirket på nedbrytningshastighetene.

5.1 Utrustning og metodikk

For å kunne få undersøkt de nevnte faktorerers innflytelse på nedbrytningen av frukt vann innen en rimelig periode, var det nødvendig å benytte flere renseenheter. Forsøksapparaturen i laboratoriemålestokk bestod således av ti identiske enheter. Figur 3 viser en skisse av ett av anleggene. Beholderen hvor frukt vannet ble luftet, hadde et volum på 25 liter. Disse ble fylt med 15 liter frukt vann.



Figur 3: Skisse av forsøksanlegg

For å redusere skummingsproblemene, ble det på toppen av beholderne montert røreverk slik at skummet som dannes ved luftingen ble slått istykker. Uten et slikt røreverk, ville beholderne skumme over og frukt vann gå tapt. Som en sikkerhet ble det også montert overløpsrør slik at eventuell over-skumming kunne oppsamles og helles tilbake til beholderne. Hver av beholderne var utstyrt med to lufterør plassert dimentralt. Lufttilførselen kunne måles med luftmålere. Anleggene var plassert i kjølebad med forskjellige temperaturer.

5.2 Prøvetaking og målinger

Tabell 7 gjengir de viktigste analyser og målinger som ble utført som hyppigheten av prøvetakingen.

Tabell 7: Program for prøvetaking for analyser og målinger

Analyser/Målinger	Hyppighet pr. uke
Kjemisk oksygenforbruk (KOF)	1-2
Biokjemisk oksygenforbruk (BOF)	0.5 annen hver uke
Total tørrstoff (TTS)	1
Suspendert stoff (SS)	1
Flyktig suspendert stoff (FSS)	1
Total nitrogen (Tot-N)	0.5
Bundet og fri ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$)	0.5
Nitritt + nitrat ($\text{NO}_2/\text{NO}_3\text{-N}$)	0.5
Alkalitet	0.5
Spesifikk ledningsevne (KOND)	0.5
Total fosfor (P)	0.5
Ortofosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$)	0.5
Slamvolum (SV) ⁴	1
Temperatur (T)	2
pH (pH)	2
Oksygenkonsentrasjon	2
Oksygenopptak	2

Den angitte hyppighet av prøvetakingen kunne variere noe. Således var hyppigheten størst i begynnelsen av forsøket og avtok etter hvert. Dette var også naturlig fordi nedbrytningshastigheten på de forskjellige komponenter i frukt vannet var størst i startfasen.

Ved analysing av prøvene er de metoder anvendt som rutinemessig benyttes ved NIVA. Unntak fra dette er bestemmelser av fri ammonium som ble bestemt med ioneselektiv elektrode.

5.3 Oppstarting og drift av forsøksanlegget

Når frukt vannet blir luftet, skummer det kraftig. For å nedsette problemene som skummingen forårsaker, ble frukt vannet tilsatt et skumdempningsmiddel. Skumdempningsmiddelet AF-60 (General Electric) som oppgis å inneholde 30% silikon, ble benyttet. 33 ml AF-60 pr. liter

fruktvann ble tilsatt, hvilket tilsvarer 10 mg/l på silikonbasis. Tilsetning av dette skumdempningsmiddel nedsatte skummingen betraktelig. Allikevel var dette ikke tilstrekkelig for å mestre skummingsproblemene.

Røreverket skulle fungere som skumdreper ved å kutte i stykker skumboblene. Skumboblene som ble dannet, var imidlertid så små at de ble skjøvet til side av røreverket og steg opp langs kanten av beholderne. Skummet la seg da enten over motoren på røreverket og forårsaket kortslutning eller beholderne flommet over. Ved andre gangs oppstarting viste det seg at fruktvannet vi fikk ved en av potetmelfabrikkene var så fortynnet at nytt fruktvann måtte hentes og forsøket startes opp for tredje gang.

I det første oppstartingsforsøk ble det benyttet fininnblåsning (sintret glassdiffusorer) av luften. Luftboblene i skummet ble da så små og skumdanningen så stor at forsøkene måtte avbrytes. Foran andre oppstartingsforsøk ble de sintrete glassdiffusorer erstattet med PVC-rør som nederst ble igjentettet og 2 mm hull boret. Ved bruk av dette luftsystemet ble skumdanningen redusert betraktelig, og skumboblene som ble dannet, var så store at de mekaniske skumdempere knuste disse effektivt.

Etter den tredje oppstartingen gikk forsøket uten noe større praktiske problemer. Forsøksanlegget ble inspisert daglig. Den daglige rutine besto i å sjekke om den motoriserte skumdreper gikk, kontrollere temperaturen i kjøle/varme-badet og justere luftinnblåsningen på bakgrunn av siste oksygenmåling. Dessuten ble nivået i beholderne målt og om nødvendig etterfylling med rent vann for å kompensere for fordampning.

Lufttilførselen ble justert etter oksygenkonsentrasjonen som ble forsøkt holdt høyere enn 1 mg O/l.

Temperaturene i kjøle-/varme-badene ble holdt stabil ved hjelp av termostater.

5.4 Sammensetning av fruktvannet som ble benyttet ved laboratorieforsøket

Fruktvannet som ble benyttet ved laboratorieforsøket, ble hentet fra Strand Brænderi, Moelv. Fruktvannet ble tatt ut fra første dekanter og ble oppgitt til å være nærmest ufortynnet fruktvann. Analysene av dette vann er gjen-

gitt i tabell 8.

Tabell 8: Sammensetning av frukt vannet som ble benyttet i laboratorie-
forsøkene

Kjemisk oksygenforbruk (KOF) mg O/1	24 800
Biokjemisk oksygenforbruk (BOF ₇) mg O/1	12 800
Total organisk karbon (TOC) mg C/1	5 500
Total nitrogen (Tot-N) mg N/1	1 530
Total fosfor (Tot-P) mg P/1	190
Ortofosfat (PO ₄ -P) mg P/1	190
Total tørrstoff mg/1	21 800
Total flyktig tørrstoff	14 500
Suspendert stoff mg/1	320
Flyktig suspendert stoff mg/1	200
pH	6,0
Alkalitet meqv./1	21
Spesifikk lekn.evne (KOND) µS/cm	600

Sammenlignes konsentrasjonene av dette frukt vann med de verdier som er angitt for ufortynnet frukt vann i tabell 4, ser vi at frukt vannet som ble hentet fra 1. dekanter ved Strand Brænderi, er fortynnet. Verdiene for total tørrstoffinnhold og f.eks. kjemisk oksygenforbruk antyder at frukt vannet er fortynnet slik at dette inneholder like deler ufortynnet frukt vann og fortynningsvann.

Analyser av frukt vannet gjengitt i tabell 8 forelå først etter at forsøkene var blitt startet. Av praktiske grunner ble derfor forsøkene gjennomført med dette vannet.

5.5 Forsøksbetingelser

Forsøksbetingelsene for de 10 forsøksanlegg som ble benyttet, er vist i tabell 9. To av enhetene nr. 9 og nr. 10 er fra første, henholdsvis annet oppstartingsforsøk, mens de resterende enheter er fra siste oppstartning.

Av tabellen over forsøksbetingelsene går det frem at 10 °C ble benyttet som basistemperatur, men at rensing ved 5 og 20 °C også ble undersøkt. For å undersøke om renseprosessen kunne påskyndes i startfasen, ble anleggene tilsatt ulike mengder aktivt slam (slam fra kommunalt biologisk renseanlegg).

Tabell 9: Forsøksbetingelser

Anlegg nr.	Start-dato	Temp. °C	Mengde podet slam Vol.-%	Fortynning <u>Fruktvann</u> Vann	KOF Start
1	1.11.75	10	1	ufortynnet	24 800
2	"	10	1	0.67	16 500
3	"	10	1	0.50	12 400
4	"	10	5	0.67	16 500
5	"	10	0	0.67	16 500
6	"	5	1	0.67	16 500
7	"	5	0	0.67	16 500
8	1.11.75	20	1	0.67	16 500
9	10.10.75	10	1		5 780
10	26.10.75	10	1		14 000

5.6 Resultater og diskusjon

Resultatene som ble oppnådd ved rensing av fruktvann i laboratoriemålestokk, er gjengitt for samtlige anlegg i tabell 13 til 22, bilag 2. I det følgende vil resultatene for de viktigste parametre bli omtalt og diskutert.

5.6.1 Nedbrytning av organisk stoff

Nedbrytningen av organisk stoff kan mest hensiktsmessig uttrykkes ved den fjerning av kjemisk oksygenforbruk som finner sted. De nedbrytningshastigheter som oppnås ved hvert anlegg, må sees i relasjon til slamprising, temperatur og fortynning av fruktvannet. Innvirkning av disse faktorer vil bli diskutert i mere detalj senere.

Figur 4 til 7 viser nedbrytningen av organisk stoff som funksjon av oppholdstid for fire av de ti anleggene. I de samme figurer er vist pH og slamvolumene (se forklaring senere) som funksjon av oppholdstid. Ved de andre 6 anlegg ble det oppnådd tilsvarende resultater som vist i figurene 4 til 7. De fire omtalte anlegg dekker driftstemperaturene 5, 10 og 20 °C og fortynnet og ufortynnet fruktvann.

Figur 4 viser at ved rensing av ufortynnet fruktvann ved 10 °C ble det

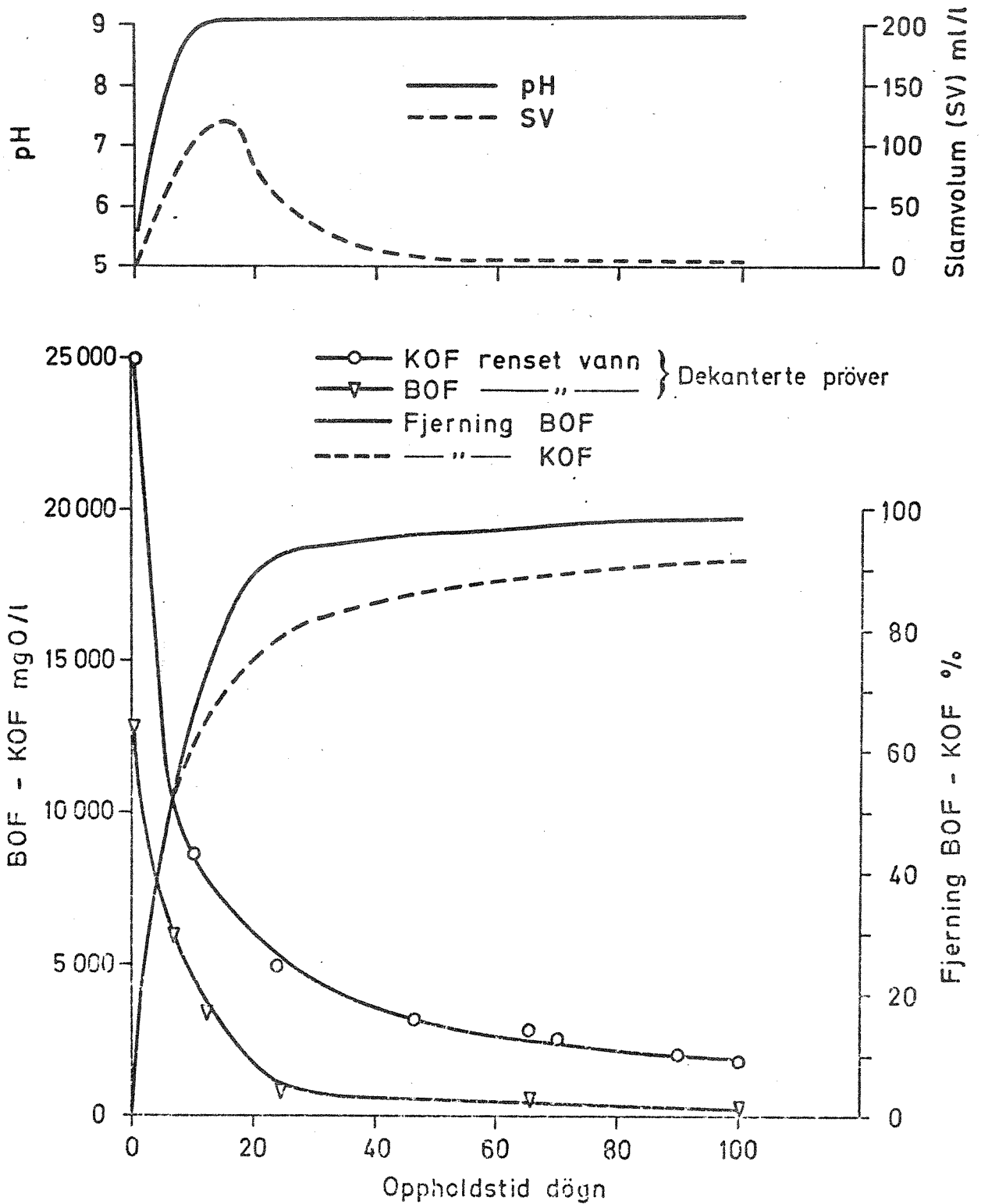
organiske stoffet i frukt vann uttrykt som kjemisk oksygenforbruk (KOF) eller biokjemisk oksygenforbruk (BOF) nedbrudt meget raskt. Analyse- resultatene som er gjengitt, gjelder for dekanterte prøver. Det vil si prøvene fikk sedimentere en halv time slik at eventuelt slam eller tyngre partikler kunne skilles fra prøvene. Resultatene viser at det organiske stoffet i frukt vannet ble nedbrudt meget raskt. Allerede etter en oppholdstid på 20 døgn, var fjerningen av biokjemisk oksygenforbrukende stoff (BOF) omlag 90%. Etter 100 døgn oppholdstid var BOF redusert fra 12 800 mg O₂/l til 240 mg O₂/l, hvilket tilsvarer en BOF-fjerning på 98%. Fjerningen av kjemisk oksygenforbruk var ved en oppholdstid på 100 døgn blitt redusert fra 24 800 mg O₂/l til 1 960 mg O₂/l, hvilket tilsvarer en KOF-fjerning på 92%.

Reduksjon i organisk stoff var særlig stor i startfasen. Det viste seg at frukt vannet var så lett biologisk nedbrytbart at vi ikke maktet å tilføre luft i store nok mengder. Dette betydde at i begynnelsen av forsøket var lufttilførselen begrensende for nedbrytningshastigheten. Målingene viste at oksygenkonsentrasjonene i luftetanken var lavere enn 0.5 mg O₂/l de 6 første døgn for så å øke til verdier som var høyere enn den begrensende verdi som antatt å være ca. 1 mg O₂/l.

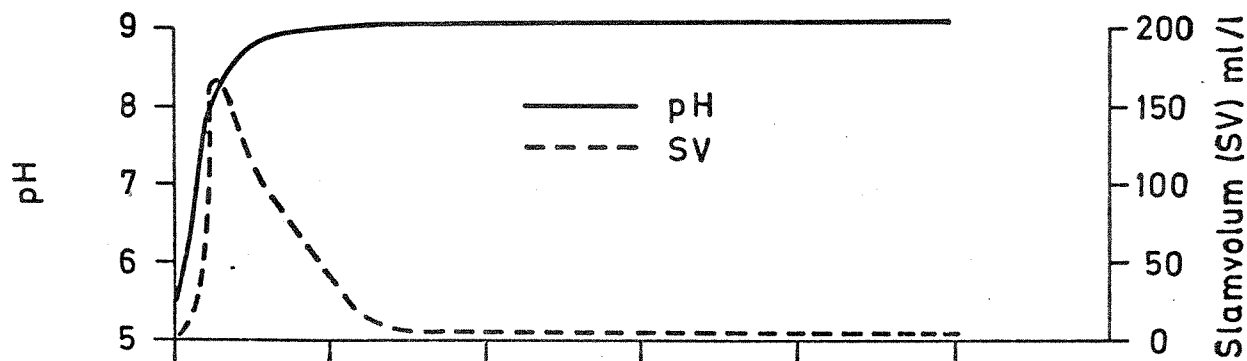
Figur 4 viser også pH som funksjon av luftetid. Den relativt lave pH i det ubehandlede frukt vann skyldes trolig at frukt vannet har et høyt innhold av organiske syrer. Disse er lett biologisk nedbrytbare slik at en oppnår en rask økning i pH-verdiene etter hvert som disse syrer brytes ned. Allerede etter ca. 10 døgn oppholdstid ligger pH i frukt vannet høyere enn 9.0.

Figur 4 viser også slamvolumene av det behandlede frukt vann som funksjon av luftetiden. Figuren viser at frukt vannet inneholdt ca. 140 ml slam pr. liter frukt vann ved en oppholdstid på ca. 15 døgn. Ved lengre oppholdstider enn 15 døgn, sank slamvolumene betraktelig og ved de lengste oppholdstider var slamvolumet så lavt at det nesten ikke var målbart. At slammengden i frukt vannet stiger i begynnelsen av forsøket, har direkte sammenheng med vekst av mikroorganismer og at disse har evnen til å klumpe seg sammen slik at de sedimenterer. At det nesten ikke registreres slamvolum i slutten av forsøksperioden, betyr trolig endring i organismekul-

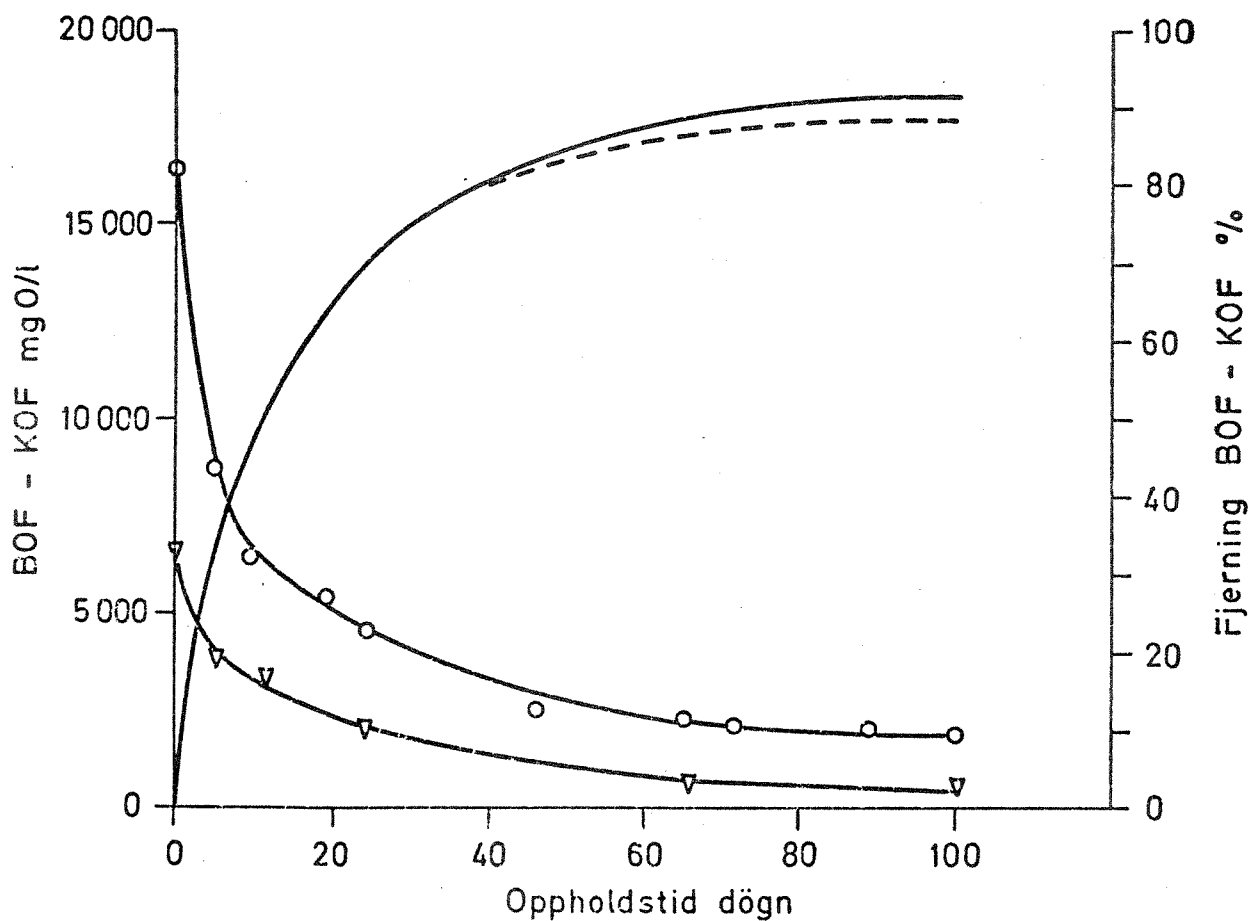
turene slik at frittsevedende organismer som ikke sedimenterer eller sedimenterer svært dårlig, dominerer.



Figur 4: Resultater fra forsøksanlegg nr. 1



—○— KOF rensed vann } Dekanterte prøver
 —▽— BOF ——— " ——— }
 ——— Fjerning BOF
 - - - - - " - - - - - KOF



Figur 5: Resultater fra forsøksanlegg nr. 5

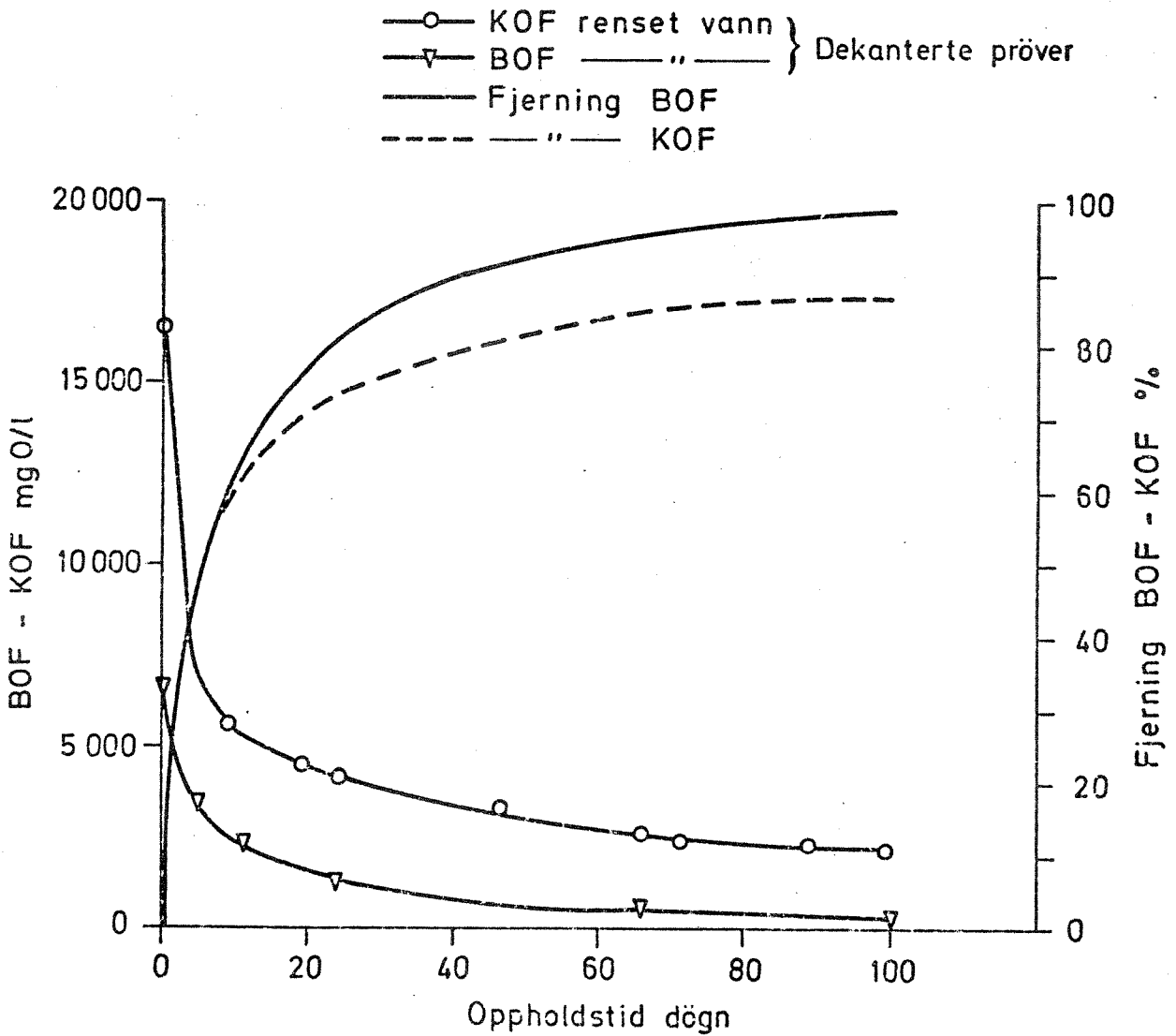
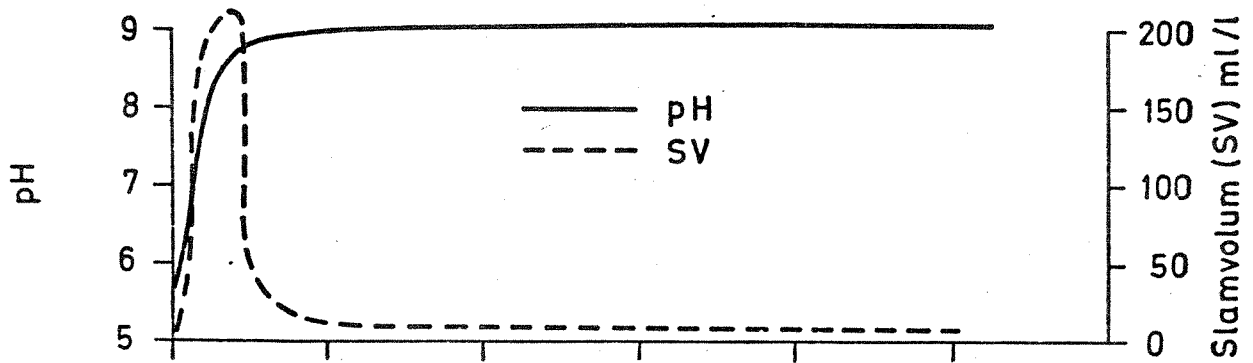
Figur 5 viser resultatene fra forsøksanlegg nr. 5 hvor fortynnet frukt- vann (2 deler frukt vann + 1 del vann) ble rensert ved 10 °C og uten poding med aktivt slam. Tendensen i resultatene er den samme som for rensing av ufortynnet frukt vann (se fig. 4), men nedbrytningen av det organiske stoff i startfasen, synes å gå noe langsommere. Dette beror på at slampodingen gir en mye raskere oppstarting av de biologiske prosesser i startfasen. Resultatene viser at etter en oppholdstid på ca. 40 døgn, ble en fjerning av biokjemisk oksygenforbrukende stoff (BOF) på 90% oppnådd. Det tilsvarende tall for det ufortynnede frukt vann var 90% fjerning ved ca. 20 døgn. Ved 100 døgn oppholdstid var BOF redusert fra 6 720 mg O/l til 150 mg O/l, hvilket tilsvarer 98% fjerning av BOF. Uttrykt som kjemisk oksygenforbruk, (KOF) ble denne redusert fra 16 500 mg O/l til 2 150 mg O/l hvilket tilsvarer en fjerning av KOF på 87%.

Slamproduksjonen for anlegg nr. 5 viser sterk økning i startfasen slik at slamvolumene ble ca. 230 ml/l etter ca. 7 døgn. Etter en oppholdstid på ca. 20 døgn, var slamvolumene så lave som ca. 10 ml/l.

Figur 6 viser de viktigste resultater som ble oppnådd ved rensing av fortynnet frukt vann ved 5 °C. Kurvene som viser fjerningen av KOF og BOF, viser at nedbrytningen foregikk langsommere enn ved 10 °C. Dette er naturlig fordi de biologiske aktiviteter nedsettes betraktelig ved lavere temperaturer. For å få redusert BOF med 90%, viser resultatene at det var nødvendig med en oppholdstid på ca. 70 døgn. Ved en oppholdstid på 100 døgn, var BOF redusert fra 6 720 mg O/l til 570 mg O/l hvilket tilsvarer en fjerning av BOF på 91%. Ved samme oppholdstid var KOF redusert fra 16 500 mg O/l til 2 000 mg O/l. Dette tilsvarer en fjerning av KOF på 88%.

Ved forsøksanleggene som arbeidet ved 5 °C, var det på grunn av lav biologisk aktivitet mulig å holde tilstrekkelig høye oksygenkonsentrasjoner gjennom hele forsøket.

Kurvene over pH og slamvolum som funksjon av oppholdstid viser omtrent samme forløp som ved rensing ved 10 °C. Det vil si pH steg til ca. 9 i løpet av to uker, og slammengdene økte raskt i løpet av de fem første døgn for deretter å avta til ca. 10 ml slam pr. liter frukt vann etter ca. 40 døgn.



Figur 6: Resultater fra forsøksanlegg nr. 6

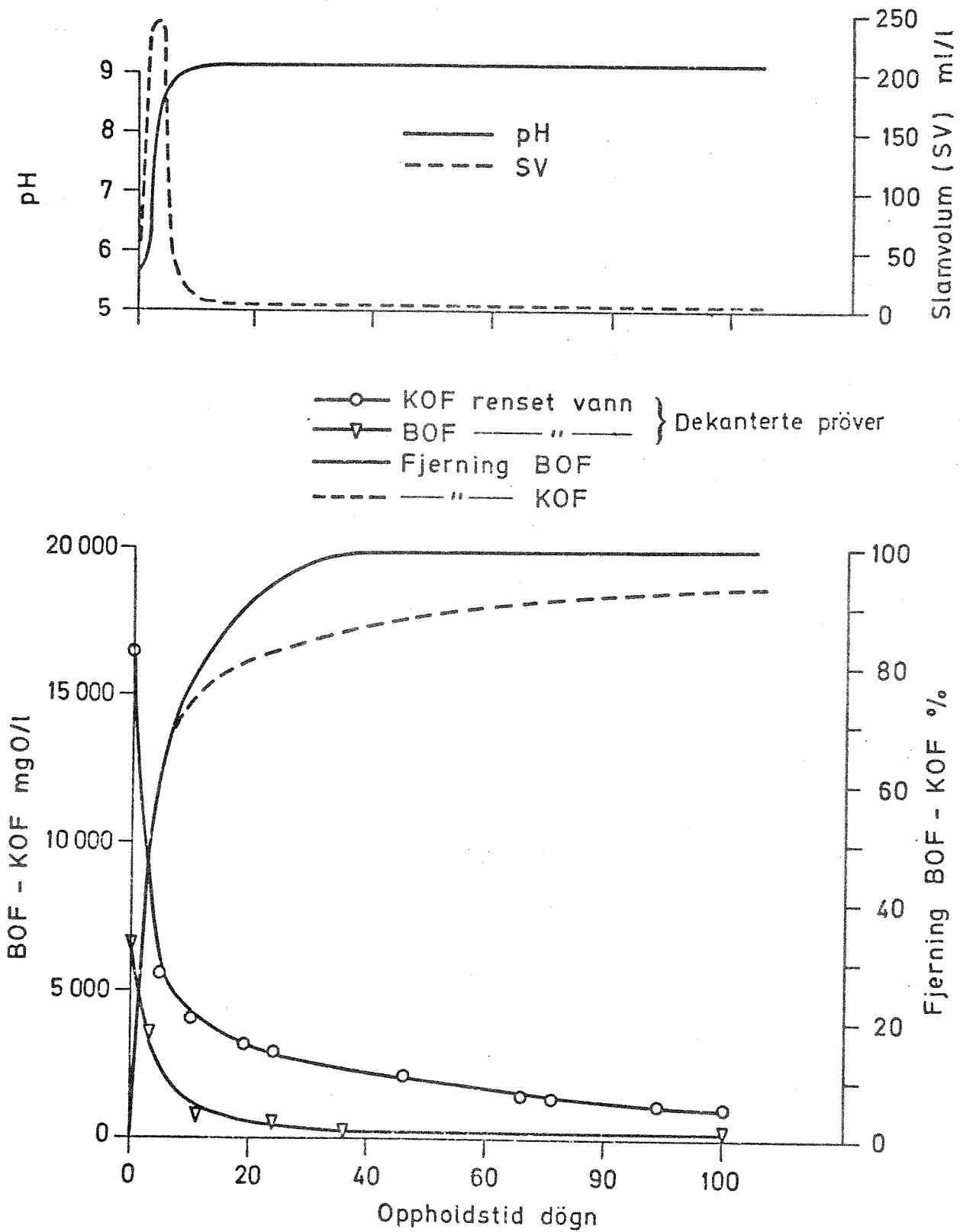
Figur 7 viser resultatene som ble oppnådd ved rensing av fortynnet frukt- vann ved 20 °C. Sammenlignes kurvene for fjerning av BOF og KOF med de tilsvarende kurver som ble oppnådd ved rensing ved 10 °C, sees at nedbryt- ningshastigheten av det organiske stoff var mye større ved 20 °C enn 10 °C. Kurven for fjerning av BOF viser at allerede ved en oppholdstid på 20 døgn hadde man oppnådd en fjerning av BOF på 90%. Ved en oppholdstid på 100 døgn var BOF blitt redusert fra 16 500 mg O/l til 150 mg O/l. Det- te tilsvarer en fjerning av BOF på 98%. Ved 100 døgn var KOF blitt re- dusert fra 16 500 mg O/l til 2 150 mg O/l hvilket tilsvarer en fjerning på 87%. Som ved rensing ved 10 °C maktet vi ikke, vesentlig på grunn av skummingsproblemene, å tilføre nok luft til renseprosessene slik at dette de første 4-5 døgn var begrensende for nedbrytningen av det organiske stoff i frukt vannet.

Kurven over slamvolumet i frukt vannet som funksjon av oppholdstid, viser at slamproduksjonen ved 20 °C steg meget raskt, man at slammet nærmest for- svant etter en oppholdstid på ca. 10 døgn.

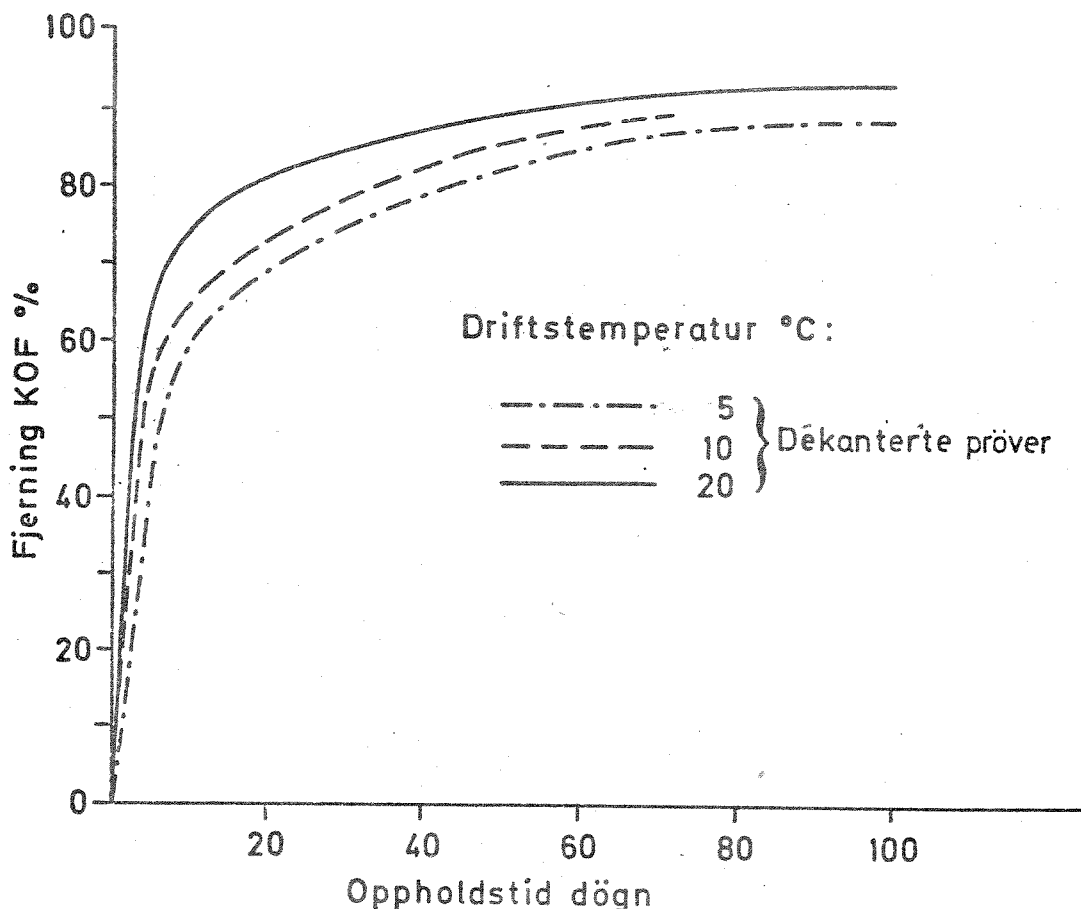
Etter å ha gjennomgått de viktigste renseresultater fra fire av forsøks- anleggene, vil vi i det følgende forklare og diskutere mere i detalj inn- flytelse av: Forskjell i driftstemperatur, fortynning av frukt vann og poding med aktivt slam.

5.6.2 Nedbrytningshastighet av organisk stoff som funksjon av drifts- temperatur

Ved å studere fig. 4 til 7, vil en kunne få et inntrykk av hvordan ned- brytningshastigheten av det organiske stoff varierer med driftstempa- rene. Resultatene fra de nevnte figurer er imidlertid ikke helt sam- menlignbare fordi fortynning og slampodning ved anleggene er forskjellige. For å kunne foreta en direkte sammenligning av nedbrytningshastighetene av det organiske stoff som funksjon av driftstemperaturen, er fig. 8 opp- tegnet. De tre kurver som er gjengitt, gjelder forsøksanlegg nr. 2, 6 og 8, som alle hadde en tilsats av 1 vol.-% aktivt slam og med en fortynning på 2 deler ufortynnet frukt vann pluss 1 del fortynningsvann. Den rela- tive nedbrytningshastighet av det organiske stoff kan her uttrykkes ved vinkelkoeffisienten for kurvene.



Figur 7: Resultater fra forsøksanlegg nr. 8

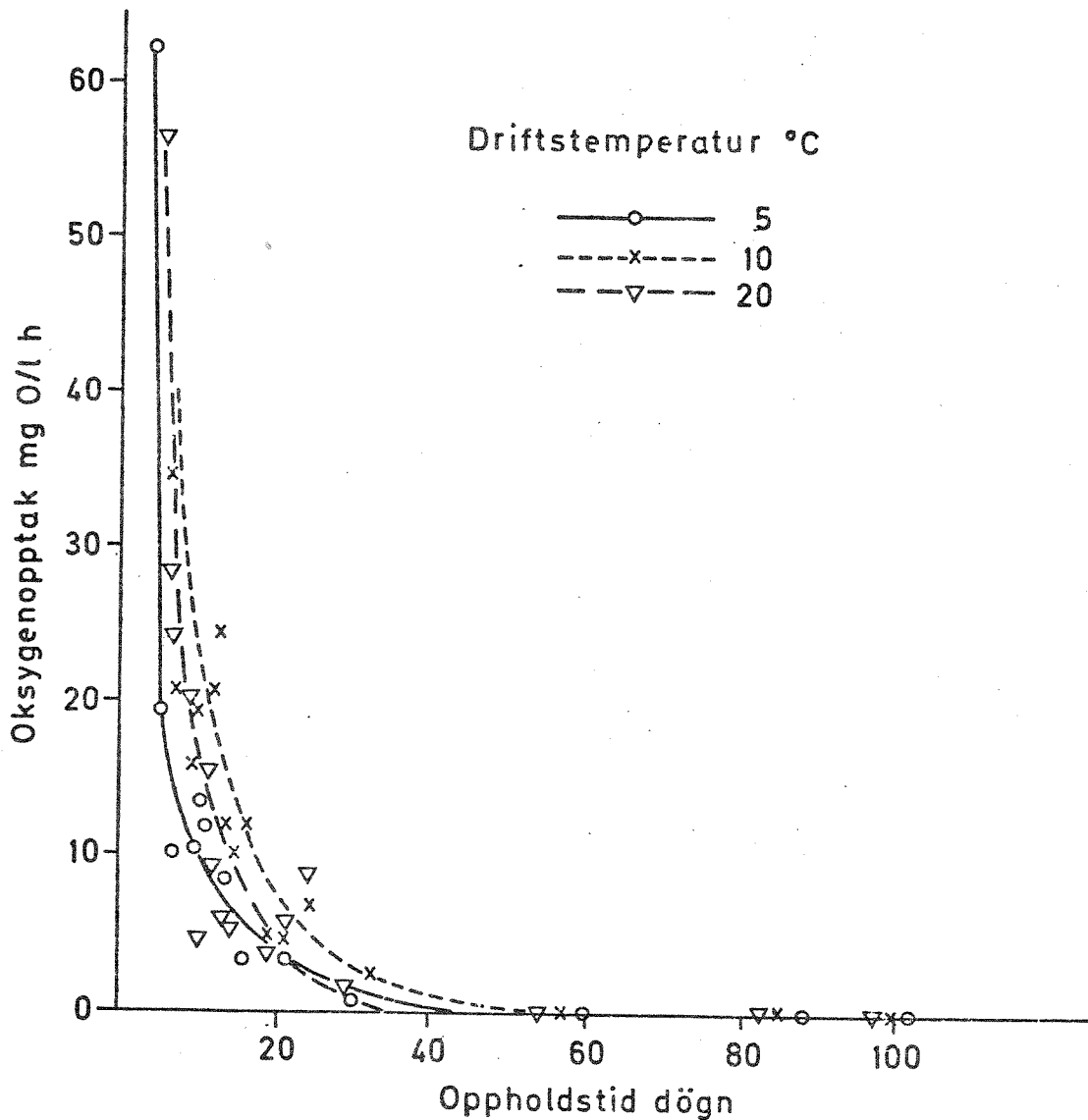


Figur 8: Driftsparameterets innflytelse på fjerning av kjemisk oksygenforbrukende stoff

Som det fremgår av fig. 8, får man en meget rask nedbrytning av det organiske stoff i startfasen, særlig ved 20 °C. Ved anlegg nr. 6, hvor driftstemperaturen var 5 °C; klarte man å tilføre nok luft hele tiden slik at oksygentilførselen ikke var begrensende for nedbrytningen av det organiske stoff. Ved anlegg nr. 2 og 8 som hadde en driftstemperatur på 10 og 20 °C, maktet vi på grunn av økende skumproduksjon med økende lufttilførsel ikke å tilføre nok luft slik at oksygentilførselen ble begrensende for nedbrytningen. Så lenge oksygentilførselen er begrensende for nedbrytningen, vil nedbrytningshastigheten av det organiske stoff, være proporsjonalt med oksygentilførselen. Ved tilstrekkelig oksygentilførsel ville derfor forskjellen i nedbrytningshastigheten mellom anleggene som arbeidet ved 5 og eks. 20 °C være større enn angitt i fig. 8.

Etter en oppholdstid på ca. 5 døgn viste det seg at man kunne holde en oksygenkonsentrasjon i alle anlegg høyere enn ca. 1 mg O/l. Dette betyr at oksygentilførselen etter ca. 5 døgn ikke var begrensende ved nedbrytningen av det organiske stoff. Fig. 8 viser at forskjell i fjerningen av kjemiske oksygenforbruk ved høy og lav temperatur var størst ved korte

oppholdstider. Ved lengre oppholdstider nærmer kurvene seg hverandre og ved tilstrekkelig lange oppholdstider vil antagelig KOF-fjerningen både ved lave og høye driftstemperaturer være tilnærmet de samme. For å oppnå en fastlagt fjerning av organisk stoff, viser fig. 8 at man enten kan benytte korte oppholdstider ved høy driftstemperatur eller lange oppholdstider ved lave driftstemperaturer. I praksis bestemmes dette av klimatiske forhold.



Figur 9: Oksygenopptak som funksjon av oppholdstid

Figur 9 viser mikroorganismenes forbruk av oksygen. Forbruket ble funnet ved hjelp av respirasjonsmålinger. Selv om de enkelte måleresultater viser en viss spredning, ser en klart at oksygenopptaket reduseres meget raskt i begynnelsen av forsøksperioden. Dette henger sammen med at fjerningen av organisk stoff også var størst i begynnelsen av forsøksperioden. Ved tilstrekkelig tilgang på lett biologisk nedbrytbart stoff vil oksygenforbruket tilnærmet være proporsjonalt med fjerningsn av organisk stoff. Når det kun er igjen tungt, biologisk, nedbrytbart materiale, vil normalt oksygenforbruket pr. vektenhet nedbrutt organisk stoff bli større.

Ved lave temperaturer vil også oksygenforbruket pr. vektenhet nedbrutt organisk stoff øke fordi andelen av oksygenforbruket som medgår til endogen respirasjon, øker. Biologisk nedbrytning av organisk stoff ved lave temperaturer er derfor ineffektiv fordi mere oksygen må overføres pr. vektenhet nedbrutt organisk stoff enn ved tilsvarende nedbrytning ved høye temperaturer.

Ved lengre oppholdstider viser fig. 9 lavt oksygenforbruk ved alle tre driftstemperaturer. Dette er i samsvar med kurvene i fig. 8 som alle viser lave nedbrytningshastigheter i slutten av perioden.

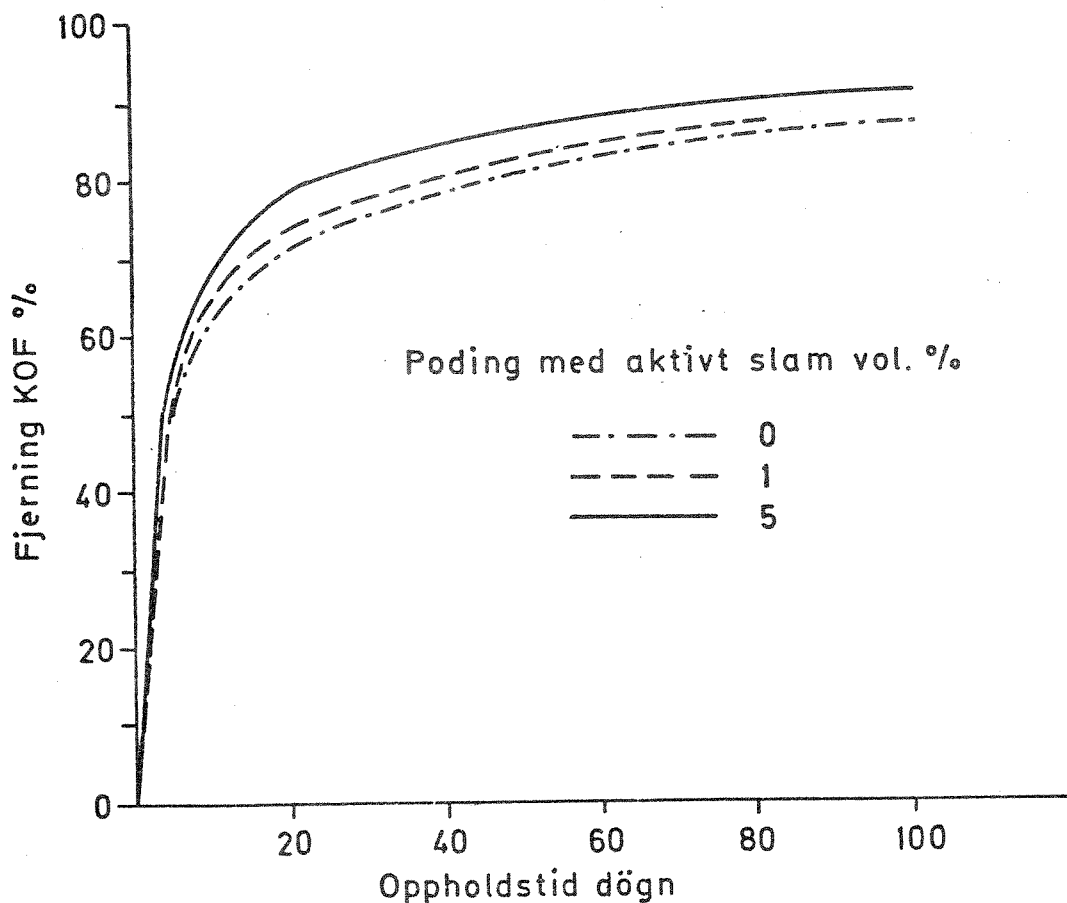
Ved oppstartning av anleggene var skumproduksjonen stor, men skummet ble effektivt slått ned av de mekaniske skumdrepere. Skumdanningen syntes å være størst ved 20 °C og minst ved 5 °C. Ved alle anlegg minket skumdanningen med økende oppholdstider og etter ca. 2 ukers drift var skumproduksjonen så lav at de mekaniske skumdrepere kunne settes ut av funksjon.

5.6.3 Poding med aktivt slam

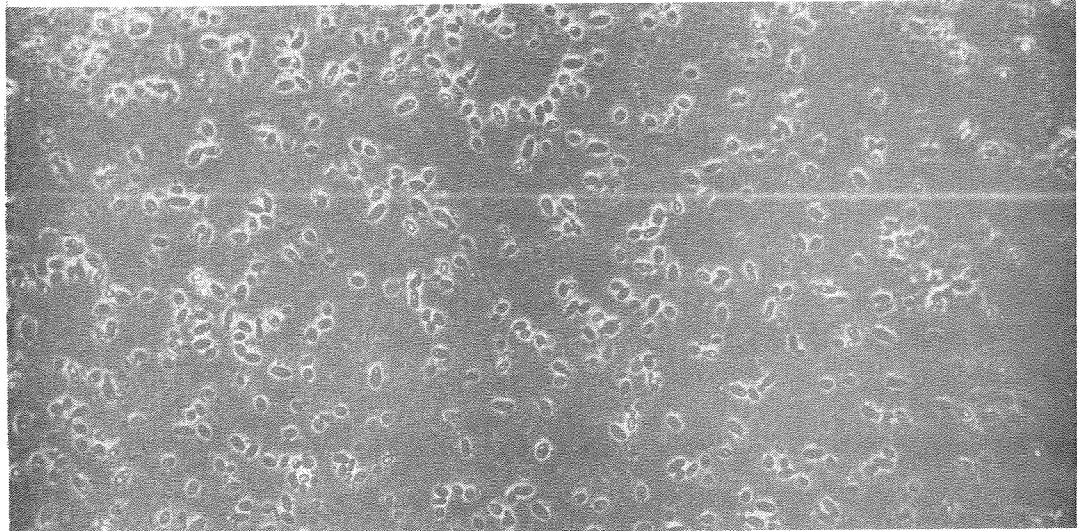
Ved å tilsette biologisk slam fra et aktivslamanlegg til frukt vann, vil en kunne oppnå en raskere nedbrytning av det organiske stoff. Dette vil kunne ha særlig betydning ved oppstartingen av renseprosessene.

Figur 10 viser nedbrytningen av organisk stoff uttrykt ved fjerning av

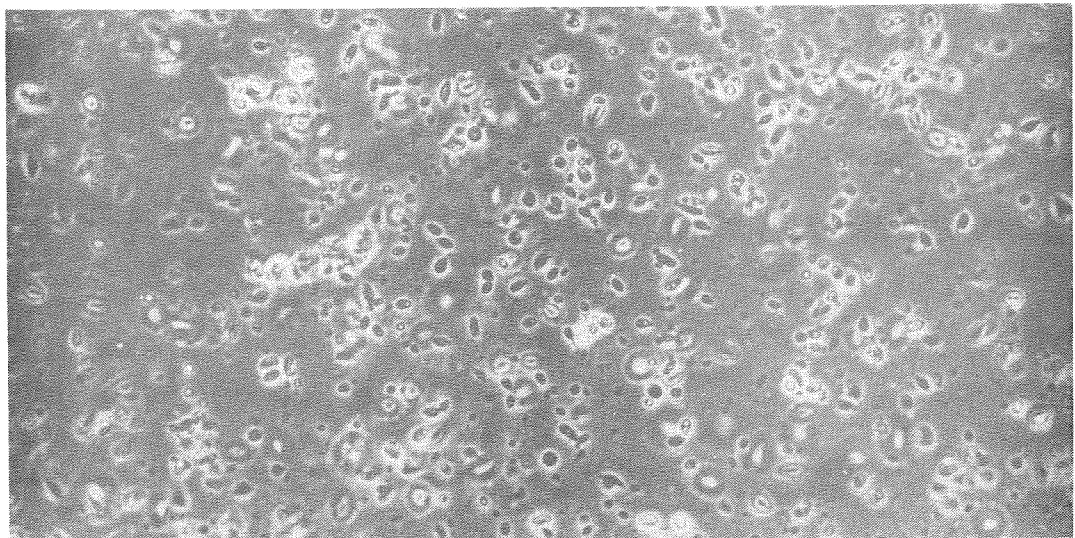
kjemisk oksygenforbruk som funksjon av oppholdstid og slampoding. Anleggene ble drevet ved 10 °C og hadde en fortynning som tilsvarer 2 deler frukt vann pluss 1 del fortynningsvann. Kurvene viser at 5 volumprosent tilsats av aktivt slam øker nedbrytningshastighetene vesentlig, særlig ved korte oppholdstider. Forskjellen i nedbrytningshastighetene ved 1 volumprosent slampoding og uten noen poding, er ikke særlig stor. Kurvene viser også at innflytelsen av slampoding blir mindre ved økende oppholdstider. Grunnen til dette er at det bygges opp en naturlig organismekultur i frukt vannet som vil kunne fortrenge det opprinnelige aktive slam slik at sammensetningen av organismekulturene blir like ved lange oppholdstider uansett om det tilsettes aktivt slam eller ikke. Dette ble vist ved mikroskopering av frukt vannet med eller uten slampoding.



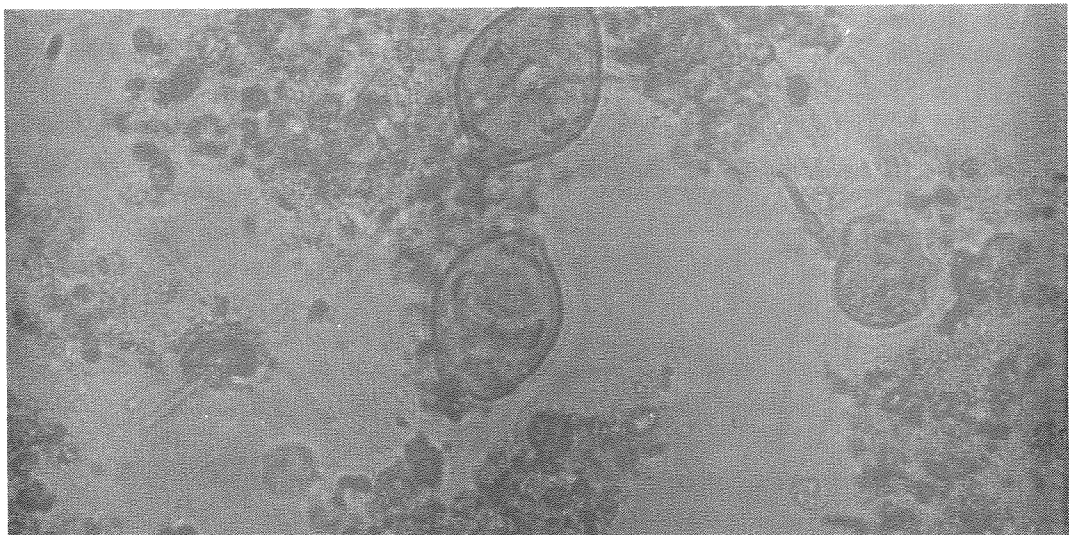
Figur 10: Innflytelse av slampoding på fjerning av kjemisk oksygenforbrukende stoff



Figur 11: Mikroskopbilde av organismekulturen i frukt vann, 1% slam-
poding. Forstørrelse ca. 250 x.



Figur 12: Mikroskopbilde av organismekulturen i frukt vann, 5% slam-
poding. Forstørrelse ca. 250 x.



Figur 13: Mikroskopbilde av aktivt slam fra kommunalt renseanlegg.
Forstørrelse ca. 400 x.

Figur 11 og 12 viser mikroskopbilder av organismekulturen i frukt vann ved ca. 10 døgns oppholdstid med henholdsvis 1 og 5% slampoding. Både ved 1 og 5% slampoding dominerer prøven totalt av gjærliknende celler. Disse encellede organismer er frittsevendende og lar seg derfor vanskelig sedimentere. Flagelater ble også observert i begge prøver, men antallet av disse var ubetydelige sammenlignet med de gjærliknende celler. På grunn av at organismene er frittsevendende og vanskelig lar seg sedimentere, vil sedimenterte og ikke-sedimenterte prøver inneholde omtrent samme mengde organisk stoff.

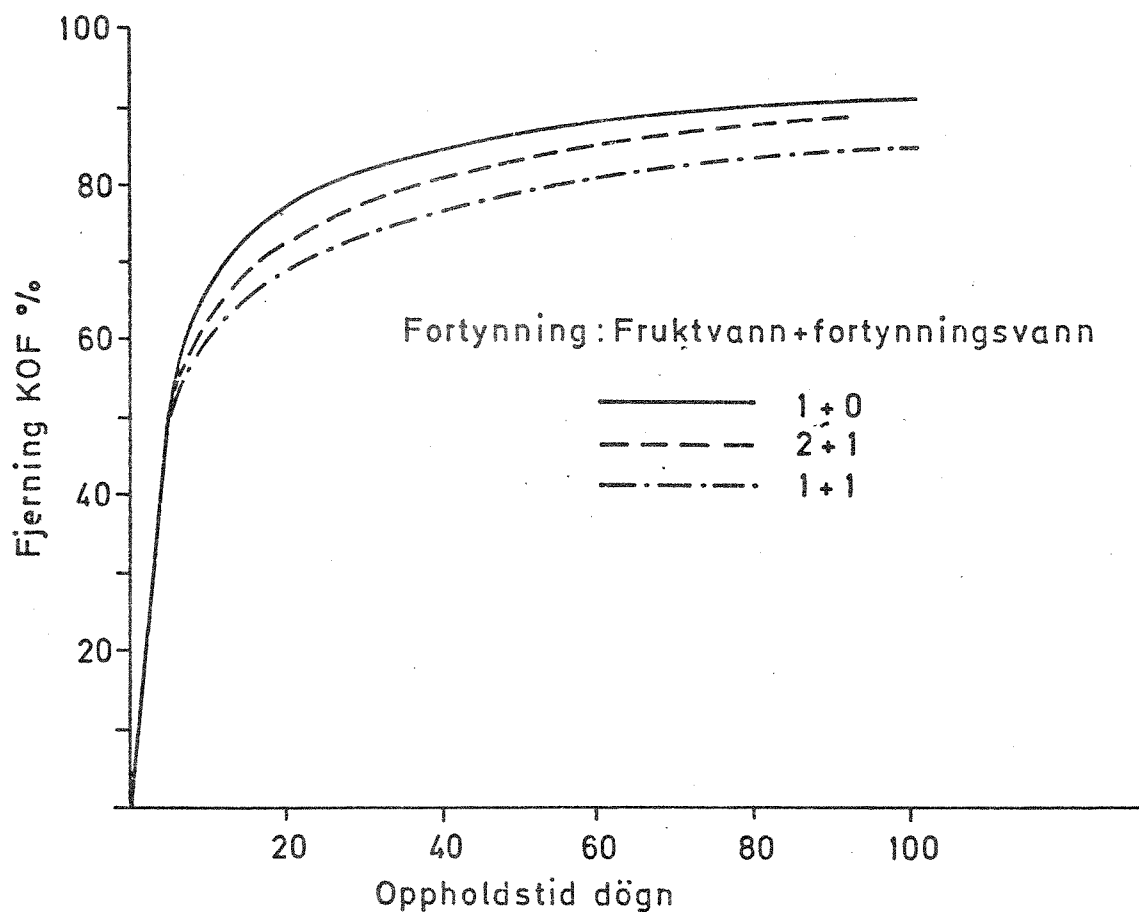
Fig. 13 viser et typisk mikroskop-bilde av aktivt slam fra et kommunalt renseanlegg. Som det fremgår av bildet, er det stor forskjell i slamstrukturen sammenlignet med slammet man får ved biologisk rensing av frukt vann. I motsetning til "frukt vannslammet" fnokker organismene seg i det aktive slam slik at det dannes relativt store fnokker som lett lar seg sedimentere. I et aktivt slam er også sammensetningen av organismekulturen mye mer variert; fra bakterier til høyere organismer. En grunn til dette er at kommunalt avløpsvann har en meget kompleks og variert sammensetning, mens frukt vannet har en forholdsvis ensidig sammensetning. I et aktuelt tilfelle hvor frukt vann må lagres vinterstid før den egentlige rensing starter, vil det ha liten hensikt å tilsette aktivt slam. Som vist, vil slampoding kunne aksellerere entreg oppstarting av nedbrytningsprosessene, men i det aktuelle tilfelle er en slik rask oppstarting ikke nødvendig.

5.6.4 Betydning av frukt vannets fortykning på biologisk rensing av frukt vann

Frukt vannet som ble oppsamlet fra første dekanter og som ble benyttet ved disse forsøk, må ha vært noe fortyknet (se tidligere diskusjon). Etter tall som er oppgitt i litteraturen, vil ufortynnet frukt vann ha et innhold av kjemisk oksygenforbrukende stoff på ca. 50 000 mg O/1, mens det "ufortynnede frukt vann" som ble benyttet i disse laborieforsøk, hadde et innhold av kjemisk oksygenforbrukende stoff på 24 800 mg O/1. Sannsynligvis hadde derfor frukt vannet fra første dekanter en fortykning som tilsvarte like mengder ufortynnet frukt vann og fortykningsvann. I praksis regner man som tidligere nevnt med at 2 deler ufortynnet frukt vann pluss i del fortykningsvann må renses biologisk for å oppfylle de

pålagte renskrav. Fruktvannet som i denne rapport blir benevnt ufortynnet, er derfor i virkeligheten mere fortynnet enn fruktvannet som man i fremtiden må behandle.

Figur 14 viser nedbrytningen av kjemisk oksygenforbruk uttrykt i % som funksjon av oppholdstid og fortynning. Anleggene ble drevet ved 10 °C og hadde en slampoding på 1 volumprosent.



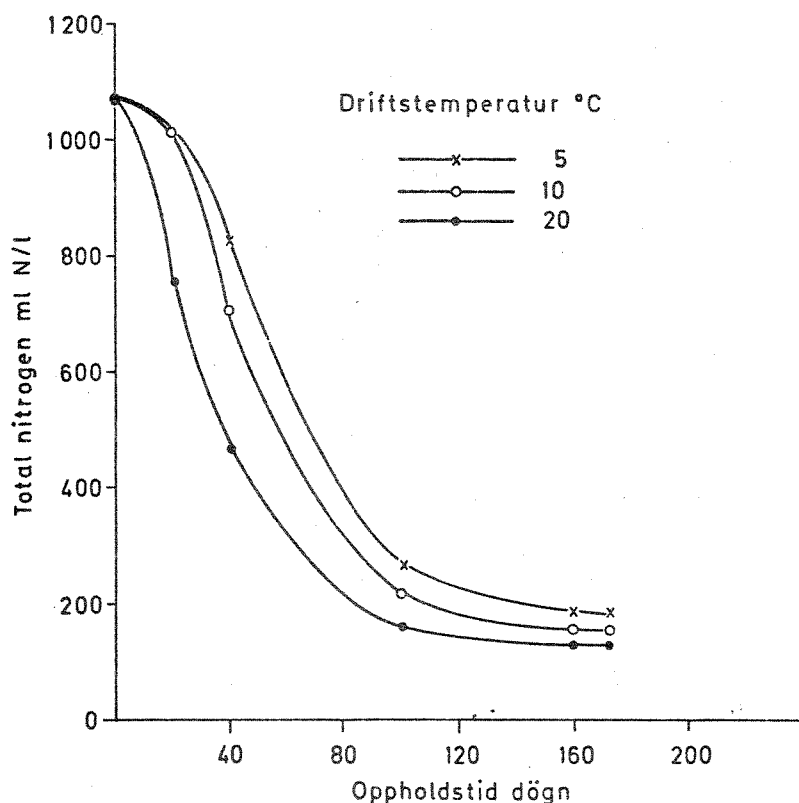
Figur 14: Fortynningens innflytelse på fjerning av kjemisk oksygenforbrukende stoff

Kurvene i fig. 14 viser at nedbrytningshastigheten av det organiske stoff øker med minkende fortytning. Det vil si at ved samme oppholdstid ble det oppnådd en høyere renseeffekt med hensyn på organisk stoff ved rensing av det høyst konsentrerte fruktvann. Ved tilstrekkelig lange oppholdstider vil trolig konsentrasjonene av organisk stoff målt som biokjemisk oksygenforbruk, både i det ufortynnede og fortynnede fruktvann, nå samme nivå.

Resultatene skulle vise at det er en fordel å rense mest mulig konsentrert fruktvann. På denne måte kan en oppnå de pålagte rensekrav raskere. Anleggs-kostnadene for dambyggingen vil også bli mindre fordi mindre damvolumer og luftteutstyr er påkrevet.

5.6.5 Fjerning av nitrogenforbindelser

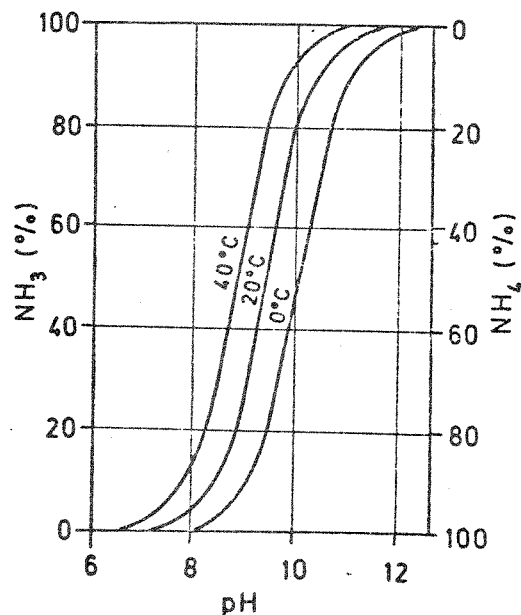
Fruktvann fra potetmelfremstilling inneholder et meget høyt innhold av nitrogenforbindelser. Det alt overveiende del av disse foreligger som organisk nitrogen fra proteiene i fruktvannet. Etter hvert som fruktvannet brytes ned biologisk, vil det organiske bundne nitrogen frigjøres som ammoniumioner. Under gunstige betingelser vil ammoniumionene oksyderes til nitrat. Analyseresultatene tyder imidlertid på at bare en liten del av ammoniumet ble omdannet til nitratforbindelser selv ved lange oppholdstider.



Figur 15: Innflytelse på pH og temperatur på fordelingen av ammoniakk-gass og ammoniumioner i vann

Fig. 15 viser total nitrogen ved anleggene som ble drevet ved 5, 10 og 20 °C. Kurvene viser at fjerningen av nitrogen foregår mye raskere ved 20 °C enn ved f.eks. 5 °C. Etter ca. 100 døgn, flater kurvene ut. Ved en oppholdstid på 170 døgn, er total nitrogenet blitt redusert fra 1 070 mg N/l til 140, 160 og 180 mg N/l for driftstemperaturene 20, 10, 5 °C. Dette tilsvarer fjerning av total nitrogen fra 83 til 87%. Resultatene viser altså at ved denne spesielle form for biologisk rensing oppnår en i tillegg til effektiv fjerning av organisk stoff, også en god fjerning av nitrogenforbindelser.

Ved rensing av frukt vann ser det ut som om ammonium-avdrivning ved hjelp av lufting spiller en vesentlig rolle for fjerning av nitrogen. Ved de høye pH-verdier (ca. 9) vil en stor del av ammoniumet foreligge som ammoniakk NH_3 . Denne drives så av ved luftingen i lagunen. Hvor stor del av ammoniumet som foreligger som amoniakk, er en funksjon av både pH og temperatur. Fig. 16 viser at ved pH 9 og 20 °C foreligger ca. 30% av ammoniumet som ammoniakk (3). På grunn av at en større andel av ammonium-nitrogenet foreligger som ammoniakk ved 20 °C enn ved f.eks. 5 °C (samme pH), vil fjerningen av nitrogen foregå raskere ved 20 enn 5 °C. På grunn av de lange oppholdstider i reaktorene vil luftmengdene for ammoniakk-avdrivningen ikke være noen begrensende faktor.



Figur 16: Fjerning av total nitrogen som funksjon av oppholdstid

5.6.6 Fjerning av fosfor

Fjerning av fosfor vil bli behandlet sammen med resultatene fra fellingsforsøkene med frukt vann fra lagunen i halvteknisk målestokk.

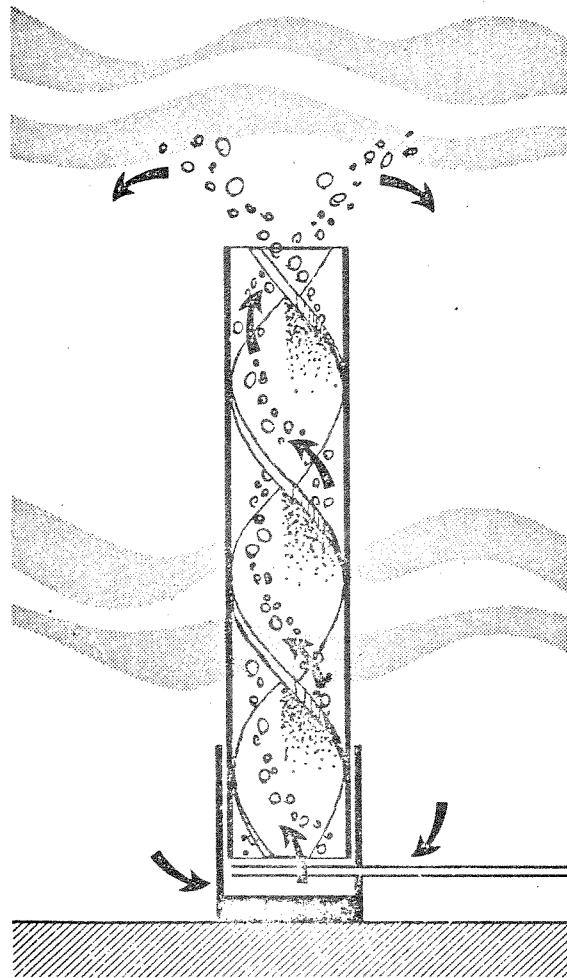
6 FORSØK I HALVTEKNISK MÅLESTOKK

For å skaffe tilveie det nødvendige dimensjoneringsgrunnlag for en lagune i full skala, ble det bygget en forsøkslagune i halvteknisk målestokk. Av særlig interesse var det å få bestemt den nødvendige blåsemaskinkapasitet og den nødvendige avstand mellom lufterne for å sikre tilstrekkelig omrøring. Forsøkslagunen skulle også klargjøre eventuelle driftsproblemer og hvordan disse i praksis kunne løses. Av driftsproblemer som var av særlig interesse å studere, kan nevnes luktproblemer, nedising og skumproblemer.

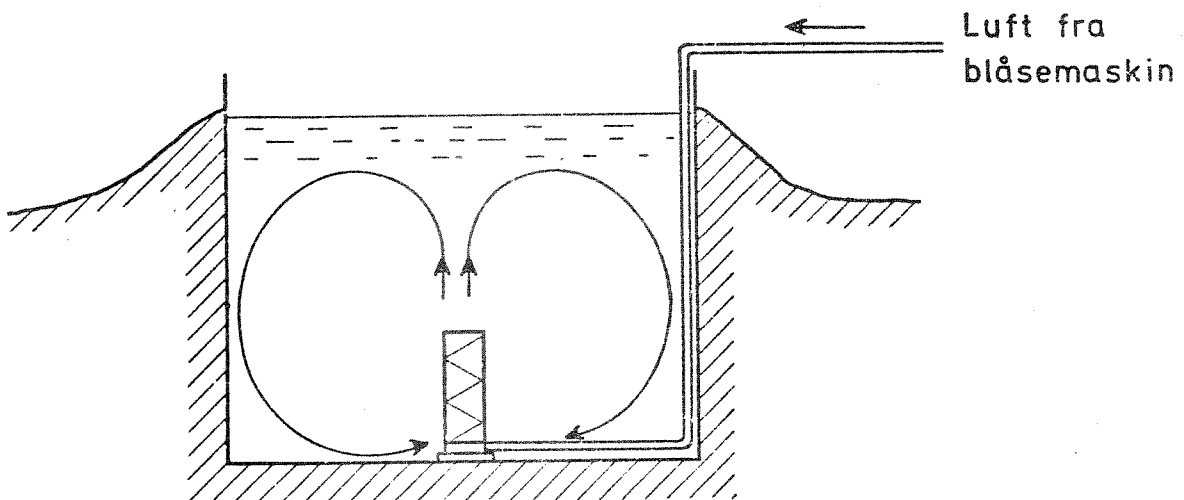
6.1 Beskrivelse av forsøkslagune

Dimensjonene av forsøkslagunen ble valgt slik at lagunen skulle representere volumet rundt en lufter. Lufteren som vi valgte å benytte, var en mammutlufter av merke Helixor. Denne er skjematisk vist i fig. 17. Prinsippet for denne er at luften blåses inn ved bunn av lufteren fra bunn av lagunen til toppen samtidig som luften blandes effektivt med frukt vannet. Lufterens innvendige spiralform gjør at luften må passere en distanse som er dobbelt så stor som lufterens høyde. På grunn av dette øker oksygenoverføringen. Mammutlufteren med diameter 450 mm og høyde 1.5 m, har ifølge produsentene sin beste økonomiske virkningsgrad ved 1.5 m^3 luft/min.

Ved at frukt vannet pumpes fra bunn av lagunen til toppen, blir daminnholdet holdt i omrøring. For å unngå slamavsetninger i lagunen, må omrøringen ikke underskride en viss intensitet. Denne intensitet bestemmer lufternes innbyrdes avstand eller plassering. Ved vårt forsøk ble det bestemt å forsøke en innbyrdes plassering av lufterne på 6 m. Av materialtekniske grunner ble det bygd en lagune med tverrsnitt 5.85×5.85 og dybde 5 m. Denne forsøkslagune skulle således representere en "terning" tatt ut av lagunen i full skala. Fig. 18 viser en skisse av lagunen.



Figur 17: Prinsippskisse for Helixor mammutluffer



Figur 18: Skisse av forsøkslagunen

Lagunen i halvteknisk målestokk ble bygget av plank. Det ble gravet ut en sjakt ca. 9.4 m dyp og med tverrsnitt ca. 7 m. Bunnen ble støpt og loddrette vegger ble reist av plank slik at dimensjonen på lagunen ble 5.85 x 5.85 x 5 m. Innvendig ble lagunen tett med plastfolie og mammutlufteren plassert i midten av lagunen. Før lagunen ble fylt med frukt vann, ble løsmasser fylt inn til veggene. Dette ble gjort for å gi den nødvendige mekaniske styrke og for å unngå unødvendig varmetap. Lagunen ble fylt med frukt vann slik at væskedybden ble 4.5 m.

I en fullskala lagune ville en sannsynligvis benytte en større vandedybde enn 4.5 m. De spesifikke energikostnader for den benyttede mammutlufter, minker sterkt med vandedybden opp til ca. 6 m. På grunn av kapitalkostnadene, angir fabrikantene av mammutlufterne at det kan være fordelaktig å benytte damdybder helt opp i 8 m. Grunnen til dette er at damarealet da blir mindre, og færre lufterenheter trengs. For å illustrere dette, er tabell 10 gjengitt (4).

Tabell 10: Oksygenoverføring og effektforbruk som funksjon av væskedybden

Væskedybde	Oksygenoverføring	Effektforbruk
m	kg O ₂ /h	kWh/kg O ₂
3	159	0.78
6	465	0.44
8	620	0.43

Tallene i tabell 10 gjelder for rent oksygenfritt vann ved 20 °C. Som det fremgår av tabell 10, er effektforbruket pr. kg overført oksygen omtrent det samme ved 6 og 8 m. Oksygenoverføringen er imidlertid vesentlig høyere ved 8 m enn 6 m. Ved å benytte en damdybde på 8 m, trengs altså færre luftere for å få overført samme oksygenmengde. En ting som taler mot å benytte en damdybde på 8 m, er at spesielle blåsemaskiner må benyttes. Kostnadene av disse vil trolig være slik at den økonomiske damdybde vil ligge nærmere 6 enn 8 m.

Mammutlufterne ble tilkopleet en vanlig dreiekolbe-blåsemaskin Spelleken RV 12. Ved 1 500 omdr./min. og ved et trykk på 5 m Vs, gir denne blåsemaskin 1.5 m³/min hvilket er den optimale luftmengde for mammutlufteren.

For å kunne slå ned skummet som dannes ved luftingen, ble det montert et overrislingsanlegg over lagunen. Dette bestod av et rør med 5 dyser plassert midt over lagunen, og i enhøyde på 2 m over væsknivået. En pumpe ble koplet til dette rør, slik at fruktvann kunne pumpes fra lagunen til overrislingsrøret og tilbake til lagunen.

Forholdene man oppnår i den beskrevne forsøkslagune, skulle etterligne de forhold man oppnår i en fullskala lagune temmelig bra. I forsøkslagunen vil imidlertid hjørnene være mer utsatt for slamavsetninger enn i en fullskala lagune. På grunn av sideflatene vil avkjølingen mot jord i forsøkslagunen også bli større enn i en fullskala lagune. Totalt sett skulle derfor forholdene i forsøkslagunen være noe ugunstigere enn i en fullskala lagune.

6.2 Prøvetaking og målinger

På grunn av meget lave temperaturer vinterstid, må en forvente at den biologiske nedbrytningen av fruktvann i en åpen lagune vil foregå meget langsomt og at energiforbruket pr. vektenhet nedbrutt organisk stoff blir stort. Disse forhold er tidligere diskutert under behandlingen av resultatene fra forsøkene i laboratoriemålestokk.

Da biologisk nedbrytning vinterstid vil bli lite effektivt, ble lagunen drevet med kontinuerlig lufting bare om høsten og fra våren og utover. Vinterstid ble lagunen luftet bare ca. 3 timer hver dag. Vinterstid skulle derfor lagunen nærmest virke som en lagringsdam. Forsøksprogrammet for prøvetaking og drift av lagunen ble utformet etter dette. Det vil si at prøvetakingen for bestemmelse av forskjellige forurensningskomponenter i fruktvannet og andre målinger fant sted relativt hyppig om høsten og fra våren og utover. Vinterstid ble det tatt få prøver.

Nedbrytningen av de organiske bestanddeler i fruktvannet vil foregå hurtigst i startfasen såfremt temperaturen ikke er en begrensende faktor. På grunn av dette ble det valgt å foreta en hyppigere prøvetaking i begynnelsen av forsøket enn mot slutten. Tabell 11 gjengir de viktigste analyser og målinger som ble utført. Hyppigheten av prøvetakingen kunne

varierte betraktelig. Tallene som er angitt, må derfor betraktes som "cirkaverdier".

Tabell 11: Program for analyser og målinger

Analyser/Målinger	Prøvetaking/Måling pr. uke
Kjemisk oksygenforbruk (KOF)	1-2
Biokjemisk oksygenforbruk (BOF)	0.5
Total tørrstoff (TSS)	1 gr pr. mnd.
Suspendert stoff (SS)	1 gr pr. mnd.
Flyktig suspendert stoff (FSS)	1 gr pr. mnd.
Total nitrogen (Tot-N)	0.5
Bunder og fri ammonium (NH ₄ -N)	0,5
Nitritt + nitrat (NO ₂ /NO ₃ - N)	0.5
Alkalitet (Alk)	1 gr pr. mnd.
Spesifikk ledningsevne (KOND)	1 gr pr. mnd.
Total fosfor (P)	1 gr pr. mnd.
Ortofosfat (PO ₄ -P)	1 gr pr. mnd.
Slamvolum (SV)	1-5
Temperatur (T)	1-5
pH (pH)	1-5
Oksygenkonsentrasjon	1-5
Oksygenopptak	Målt bare mot slutten
Kompressortrykk	1-5
Nivå lagune	1-3

6.3 Oppstartning og drift av forsøkslagunen

Den 14. oktober 1975 ble forsøkslagunen fylt med frukt vann fra første dekanter til et nivå tilsvarende en dybde på 3.5 m. I tillegg til dette ble det fylt på vann slik at væskedybden ble 4.5 m.

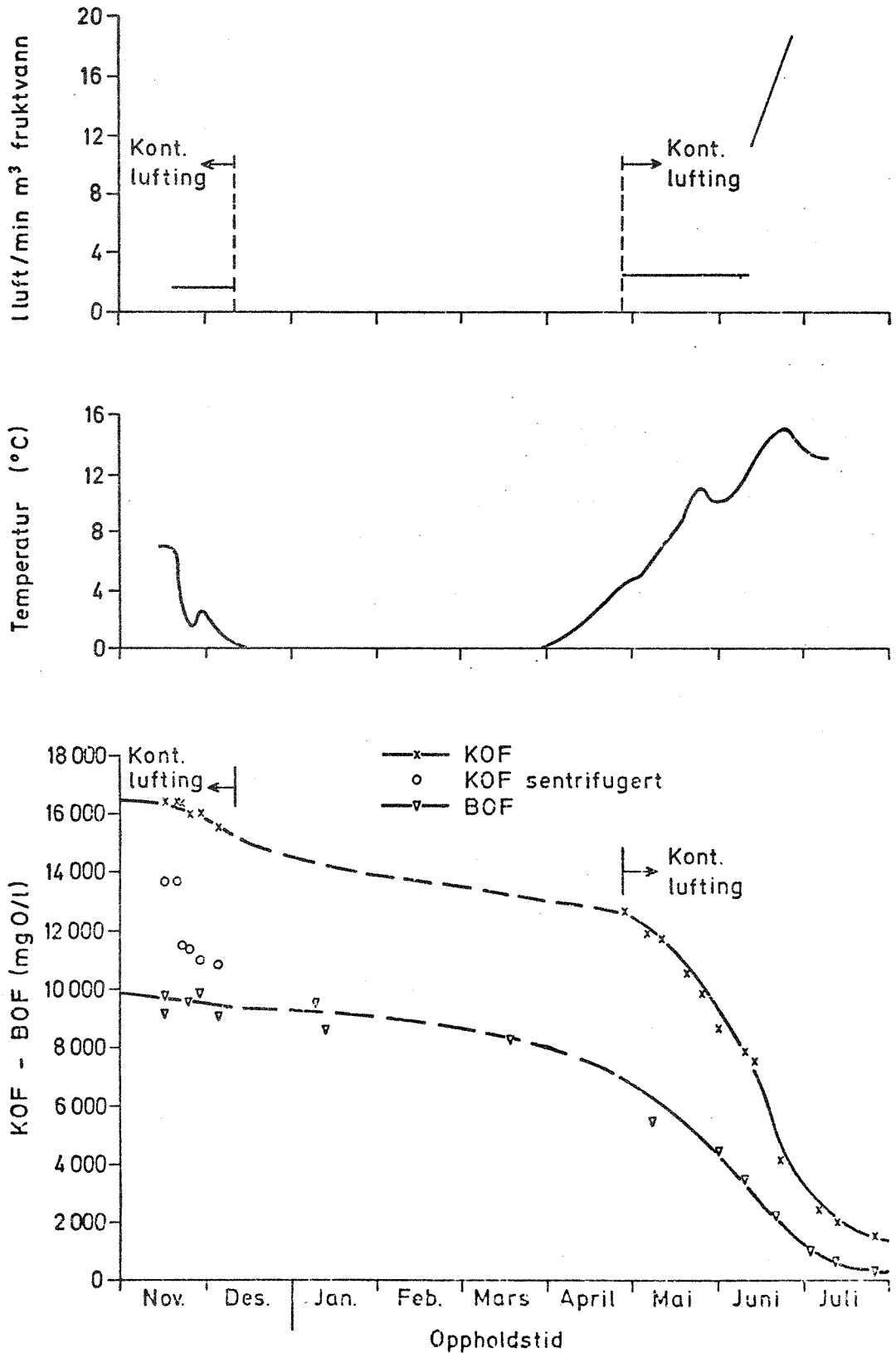
Luftingen ble satt i gang uten overrisling av frukt vann. Selv med overrislingen i gang, var skumproduksjonen så stor at skummet veltet over lagunens vegger. Det ble derfor tilsatt samme skumdempningsmiddel som benyttet ved forsøket i laboratoriemålestokk, dvs. 33 ml/l AF-60 eller 10 mg/l på silikonbasis. Dette reduserte skumdanningen betraktelig. På grunn av noe problemer med skumdanningen, ble turtallet på blåsemaskinen etter noen dagers drift satt ned slikat luftmengdene ble redusert fra 0.70 m³/min. (4.7 l luft/min m³ frukt vann) til 0,25 m³/min (1.7 l luft/min m³ frukt vann). Lagunen ble drevet kontinuerlig med denne luftmengde til 10.

desember. Temperaturen i lagunen var da blitt så lav at frukt vannet i overrislingsanlegget frøs. Overrislingsanlegget ble da stoppet og fra dette tidspunkt og ut vinteren ble lagunen luftet bare ca. 3 timer hver dag. Lørdag og søndag ble det ikke foretatt noen lufting i lagunen. Denne intermitente lufting vinterstid ble bare foretatt for å unngå anaerobe forhold og derav luktproblemer fra lagunen.

I april begynte temperaturen i lagunen å øke. Den 28. april ble det besluttet å sette igang kontinuerlig lufting i lagunen. Fruktvannets temperatur var da 4.5°C . Etter en ukes drift ble det besluttet å øke blåsemaskinens turtall til 1 900 O/min. Hensikten med dette var å øke den biologiske aktivitet i lagunen for å oppnå en raskere nedbrytning av det organiske stoff i frukt vannet. Blåsemaskintrykket steg da fra 4.5 m VS til 9 m VS. Ved dette trykk ga blåsemaskinen en luftmengde på $1.85 \text{ N m}^3/\text{min}$. Da blåsemaskinen gikk varm på grunn av det høye mottrykket, ble det åpnet på sikkerhetsventilen slik at trykket falt til 6 m VS. Senere målinger viste at dette trykket tilsvarte en luftmengde på $0.35 \text{ N m}^3/\text{min}$ eller $2.5 \text{ l luft/min m}^3$ frukt vann.

For å unngå at blåsemaskinen gikk varm eller at sikkerhetsventilen blåste, ble turtallet på blåsemaskinen endret flere ganger i sommerhalvåret. Det viste seg at man måtte helt ned i et omdreiningstall på 900 O/min. for å unngå at trykket ble høyere enn 6-6.2 m VS. Da trykket med unntak av noen døgn, ble holdt konstant gjennom hele sommersesonger, ble i praksis lufttilførselen til lagunen 0.35 N m^3 luft/min.

For å kunne øke luftmengden til lagunen og derav økende biologisk aktivitet, ble det den 11. juni 1976 besluttet å installere et lufterør i tillegg til mammutlufteren. Lufterøret hadde 12 hull med diameter 5 mm. Samtidig ble blåsemaskinens omdreiningstall øket fra ca. 900 til 1 650 omdr./min. Dette ga en luftmengde til lagunen på $1.6 \text{ m}^3/\text{min}$ eller 10.8 m^3 luft/min 1 frukt vann. Under monteringen av lufterøret, viste det seg at røret hadde kommet bort i plastikkbelegget som tettet lagunen og skadet dette. Lagunen begynte da å lekke ca. 10 cm pr. døgn helt ned til et nivå som tilsvarte ca. 1 m dybde. Denne kjedelige lekkasje forårsaket at man fikk en sterk økning av lufttilførselen pr. m^3 frukt vann.



Figur 19: Resultater fra forsøkslagunen

6.4 Sammensetningen av fruktvannet som ble rensset i forsøkslagunen

Fruktvannet som ble rensset i forsøkslagunen, hadde en sammensetning som vist i tabell 12.

Tabell 12: Sammensetning av ubehandlet frukt vann

Kjemisk oksygenforbruk (KOF) mg O/l	16 600
Biokjemisk oksygenforbruk (BOF ₇) mg O/l	9 850
Total nitrogen (Tot-N) mg N/l	1 380
Total fosfor (Tot-P) mg P/l	170
Ortofosfat (PO ₄ -P) mg P/l	170
Total tørrstoff mg/l	15 900
Suspendert stoff mg/l	2 500
pH	5.9

Verdiene av f.eks. kjemisk oksygenforbruk og total tørrstoff viser at fruktvannet er fortynnet. Sammenlignes disse verdier med de tall som er oppgitt i tabell 4, side 13, finner en ut at dette frukt vann har en fortynning som tilsvarer 1 del ufortynnet frukt vann pluss 2 deler fortynningsvann. Fruktvannet fra dekanteren på Strand Brænderi var altså langt fra ufortynnet frukt vann. Ved behandling av mere konsentrert frukt vann må en derfor regne med at lengre oppholdstider er nødvendig eller at større blåsemaskinkapasitet må installeres (se senere diskusjon).

6.5 Resultater og diskusjon

Resultatene som ble oppnådd ved laguneforsøkene på Strand Brænderi, er gjengitt i tabell 23, bilag 3. I det følgende vil resultatene for de viktigste parametre bli omtalt og diskutert.

6.5.1 Nedbrytning av organisk stoff

Nedbrytningen av organisk stoff uttrykt ved kjemisk og biokjemisk oksygenforbruk, er vist i fig. 19.

Kurven for kjemisk oksygenforbruk viser liten reduksjon i høstmånedene. Fig. 19 som også viser temperaturen i lagunen, viser at denne sank raskt etter oppstartingen. Dette forklarer hvorfor nedbrytningen av det organiske stoff i lagunen gikk så langsomt i høstmånedene. I startperioden fra 14.

november til 10. desember ble således KOF redusert fra 16 400 til 15 500 mg O/l.

Fra den 10. desember 1975 til 27. april 1976 ble lagunen luftet bare ca. 3 timer pr. døgn. På grunn av denne lave lufttilførselen og at fruktvannet i lagunen vinterstid hadde en temperatur på ca. 0 °C, ble fjerningen av organisk stoff uttrykt som kjemisk oksygenforbruk i perioden med intermittent lufting meget lav. I denne perioden ble kjemisk oksygenforbruk redusert fra 15 500 til 12 700 mg O/l. Dette tilsvarer en fjerning av kjemisk oksygenforbruk på 18%.

Da lagunetemperaturen på vårparten var steget til ca. 4 °C, ble kontinuerlig lufting satt i gang. Til tross for en lav temperatur i fruktvannet og lite innblåst luft pr. m³ frukt vann (0.35 l luft/m³ frukt vann), viste resultatene at nedbrytningshastigheten av det organiske stoff var ganske stor. Kurven for kjemisk oksygenforbruk i fig. 19 viser således at verdien for kjemisk oksygenforbruk ble redusert fra 12 700 mg O/l den 27. april til 7 560 mg O/l den 12. juni. I løpet av 1.5 mnd. var altså kjemisk oksygenforbruk redusert med ca. 30%.

I en fullskala lagune med samme luftintensitet som i forsøkslagunen, tror vi at nedbrytningshastigheten av det organiske stoff hadde vært større enn tilfelle var i forsøkslagunen. Grunnen til denne antagelse, er at temperaturen i en stor lagune ville være større enn i forsøkslagunen. I en forsøkslagune vil det vesentligste av avkjølingen finne sted langs lagunens vegger, mens i en fullskalalagune hvor forholdet mellom arealene av sideflater og bunn blir liten, vil avkjølingen fra sideflatene bli liten.

Etter at man startet med kontinuerlig lufting av lagunen på våren, viste målinger at oksygenkonsentrasjonene i fruktvannet var tilnærmet null. Dette betyr at oksygentilførselen hele tiden var begrensende for nedbrytningen av det organiske stoff. Så lenge oksygenkonsentrasjonene er tilnærmet null, vil nedbrytningshastighetene være tilnærmet proporsjonale med de tilførte luftmengder.

Etter at et ekstra lufteør var installert (den 12. juni) og lufttilførselen øket, viser kurven for oksygenforbruk i fig. 19 en tiltagende nedbrytningshastighet. Resultatene viser at i perioden fra 12. juni til 25. juli ble kjemisk oksygenforbruk redusert fra 7 560 til 1 510 mg O/1. På grunn av lekkasjen i lagunene, øket lufttilførselen pr. volumenhet frukt vann (se side 42). På slutten av denne periode steg derfor oksygenkonsentrasjonene i frukt vannet slik at lufttilførselen ikke var begrensende for den biologiske nedbrytning. På grunn av det relativt vesle frukt vannsvolumet på slutten av forsøksperioden, ble lufttilførselen pr. volumenhet frukt vann da mye større enn man ville benytte i en fullskala lagune.

Etter den 25 juli 1976 ble det tatt kun sporadiske prøver fra forsøkslagunen. Fra forsøkets start den 14. november 1975, var kjemisk oksygenforbruk blitt redusert fra 16 600 mg O/1 til 1 510 mg O/1. Dette tilsvarer en fjerning av kjemisk oksygenforbruk på 91%.

I fig. 19 er også fjerningen av biokjemisk oksygenforbruk som funksjon av oppholdstiden inntegnet. Som det fremgår av kurven for biokjemisk oksygenforbruk, har denne samme form som kurven for kjemisk oksygenforbruk. Ved analysen for kjemisk oksygenforbruk oksyderes det organiske stoff i større utstrekning enn ved 7 døgn biokjemisk oksydasjon. Ved analysen for kjemisk oksygenforbruk oksyderes både lett og tungt biologisk nedbrytbart organisk stoff og tildels også ikke biologisk nedbrytbart stoff. Av denne grunn vil fjerningen av biokjemisk oksygenforbruk uttrykt som prosent, være noe høyere enn fjerningen av kjemisk oksygenforbruk. Dette vil særlig være tilfelle ved langtgående biologisk rensing.

Fra start av forsøket den 14. november 1975 til 25. juli 1976, var biokjemisk oksygenforbruk i frukt vannet blitt redusert fra 9 850 mg O/1 til 310 mg O/1. Dette tilsvarer en fjerning av biokjemisk oksygenforbrukende stoff på 97%. Den tilsvarende fjerning av kjemisk oksygenforbrukende stoff var 91%.

Etter den 25. juli 1976 ble bare sporadiske prøver tatt fra lagunen. Den 22. september 1976 var innholdet av biokjemisk- og kjemisk oksygenfor-

brukende stoff i lagunen sunket til henholdsvis 112 mg O/l og 1 245 mg O/l. Forsøkene viser altså at det er mulig å oppnå en langtgående reduksjon av biokjemisk oksygenforbrukende stoff i frukt vann ved hjelp av biologisk rensing.

Analyser av frukt vannet ved start av forsøket viser at dette var mere fortynt enn antatt (se side 44). Ved økende konsentrasjoner av frukt vannet og med samme mengde innblåst luft, vil det ta lengre tid å oppnå de pålagte renskrav med hensyn på biokjemisk oksygenforbrukende stoff.

Forsøkene viste at ved en luftinnblåsning på 2.5 l luft/min og m³ frukt vann ble BOF redusert fra 6 000 til 4 000 mg O/l i tidsrommet 7. mai til 9. juni. Dette tilsvarer 58 l luft pr. gr BOF fjernet.

6.5.2 Fjerning av nitrogenforbindelser

Resultatene viser en fjerning av total nitrogen fra 1 380 mg N/l til 580 mg N/l. Dette tilsvarer en fjerning av total nitrogen på 58%. Fjerningen av nitrogenforbindelser følger de samme mekanismer som beskrevet på side 36 . På grunn av at pH aldri ble observert høyere enn ca. 8.5, vil en liten andel av ammoniumet foreligge som ammoniakk. F.eks. ved 10 °C og pH 8.5, vil andelen som foreligger som ammoniakk gass, utgjøre ca. 5%, mens det tilsvarende tall ved 10 °C og pH 9 er ca. 20% (se fig. 15, side 35). Sammenlignet med resultatene som ble oppnådd i laboratorie-forsøkene hvor pH lå på ca. 9.0, går derfor fjerningen av ammonium meget langsomt. Luftintensiteten i lagunen spiller også inn i det ved lave luftmengder kan disse være begrensende.

6.5.3 Innvirkning av biologisk rensing på andre forurensningsparametre

Mikroskopering av frukt vannet i forsøkslagunen viste at frittlevende mikro-organismer dominerte. Av denne grunn vil slammet vanskelig sedimentere. På slutten av forsøket inneholdt frukt vannet meget lite slam. Målt som suspendert stoff var tørrstoffinnholdet i frukt vannet ved avslutningen av forsøket 220 mg/l. Den høyeste verdi ble observert ca. 14 dager etter at lagunen var satt i drift. Innholdet av suspendert stoff var da ca. 3 800 mg/l. Den store fjerning av suspendert stoff (ca. 94%) skyldes de lange oppholdstider og den begrensende næringstilførsel ved slutten av forsøket. Dette medfører at mikro-organismene (slammet) selv brytes ned.

Over forsøksperioden er total tørrstoff blitt redusert fra 15 900 til 5 820 mg/l. De tilsvarende tall for total flyktig tørrstoff er 11 400 og 950 mg/l. Total-tørrstoffet i fruktvannet ved forsøksperiodens slutt, bestod derfor i all vesentlig grad av uorganiske forbindelser (salter).

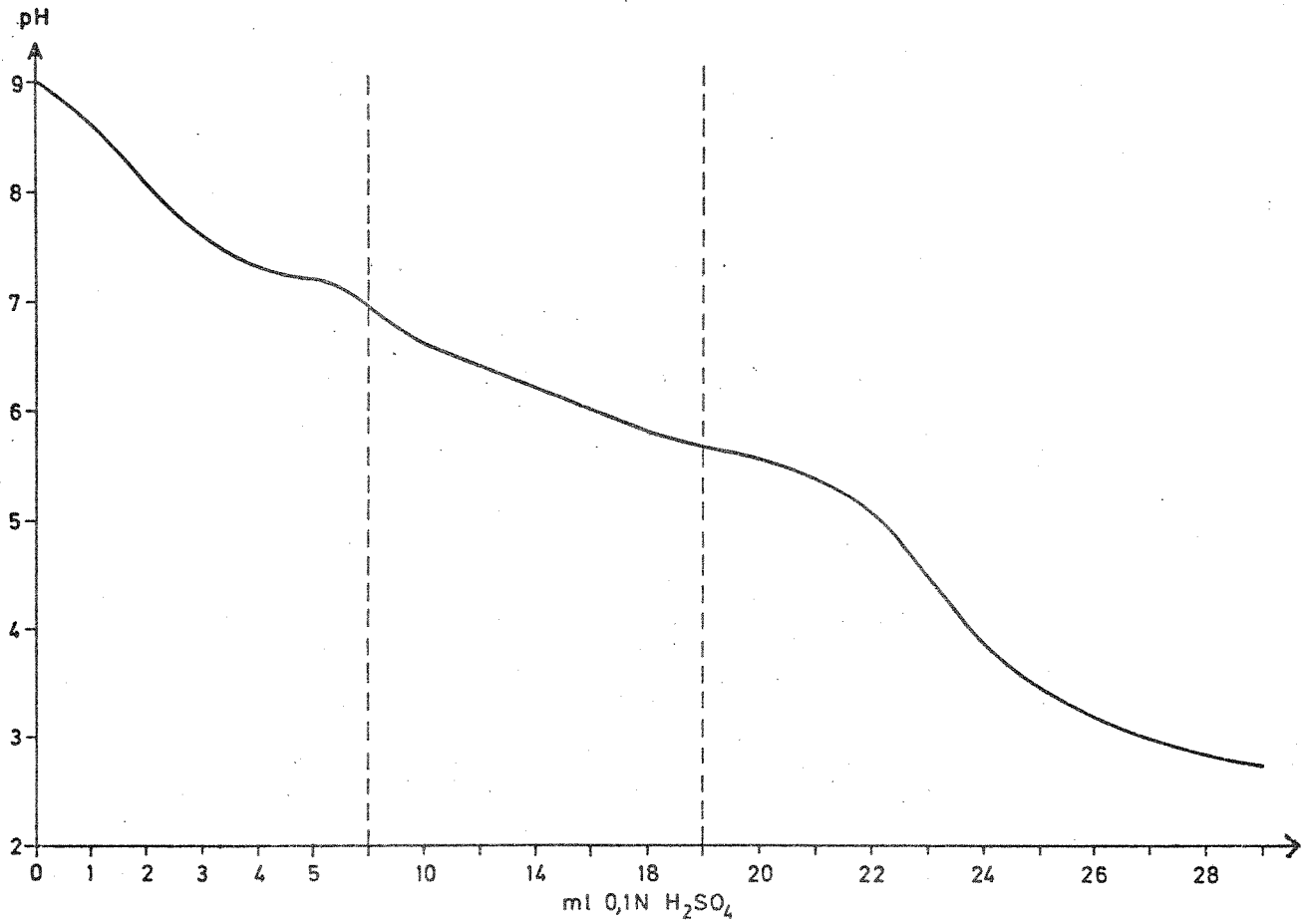
Det biologisk rensede fruktvann var forholdsvis klart (hadde lav turbiditet), men hadde en sterk mørkebrun farge. Denne farge skyldes oksydasjon av aminosyren tyrosine og dannelse av pigmentet melamine. Den samme farge fås på skjæringsflatene når man f.eks. deler et eple eller potet, og man lar skjæringsflatene eksponere mot luft. Ved senere forsøk viste det seg at fargen kunne fjernes ved kjemisk felling med aluminiumsulfat eller jernklorid. Dette krevde imidlertid meget høye kjemikaliedoseringer slik at mye slam (vesentlig hydroksyder) ble produsert. Vi mener imidlertid at det ikke er noen vesentlig grunn for å fjerne fargen i det rensede fruktvann.

7 FJERNING AV FOSFORFORBINDELSER

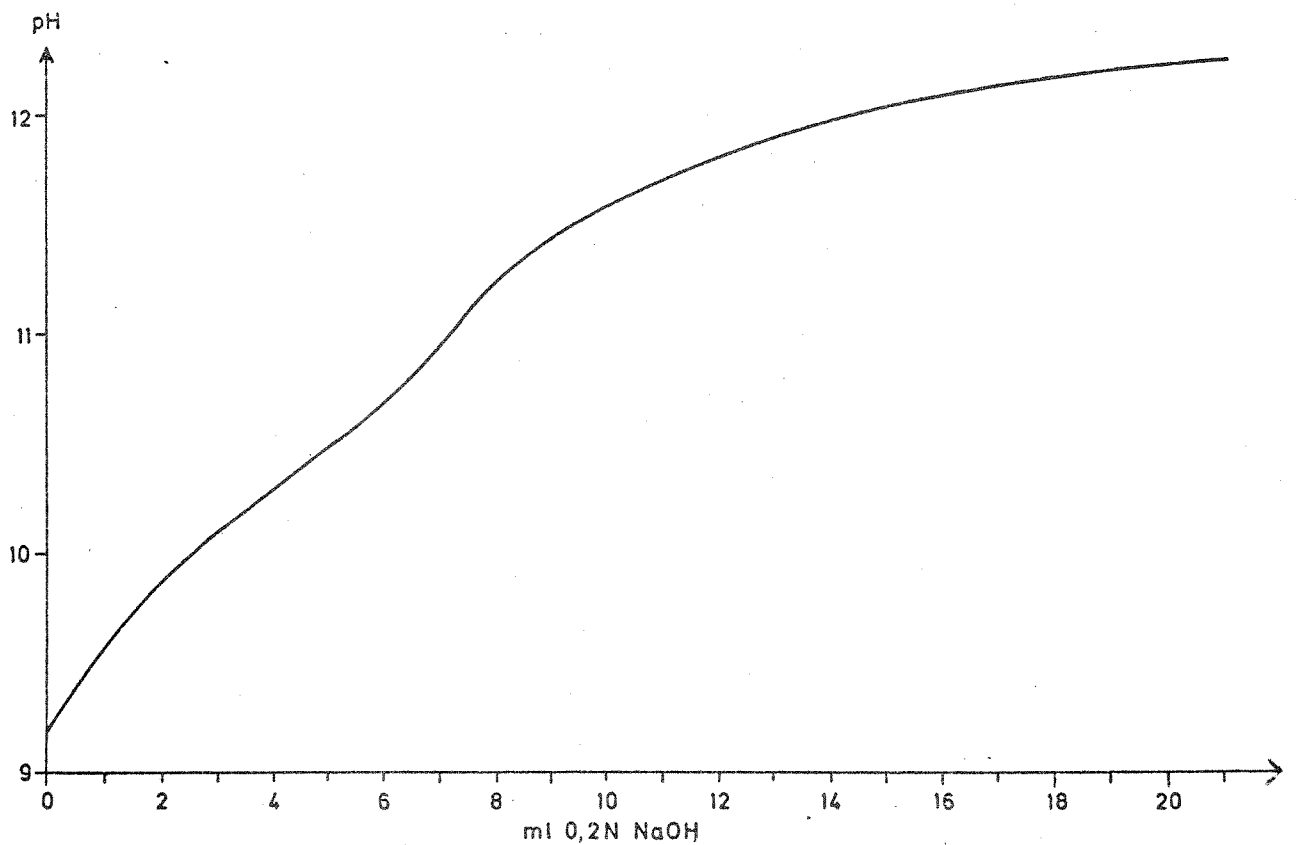
Fruktvannet fra potetmelfremstilling inneholder meget høye fosforkonsentrasjoner. Derfor har Statens forurensningstilsyn i sin utslippstillatelse blant annet forlangt 90% fjerning av fosforforbindelser i fruktvannet.

I det ubehandlede fruktvann er det meste av fosforen organisk bundet, slik at en kjemisk felling av ikke biologisk fruktvann vil være lite effektivt. Ved biologisk rensing av fruktvannet, vil det meste av det organisk bundne fosfor brytes ned til ortofosfat som lar seg felle ved kjemisk felling. For å oppfylle rensekravene, må man derfor foreta en kjemisk felling etter at fruktvannet er biologisk behandlet.

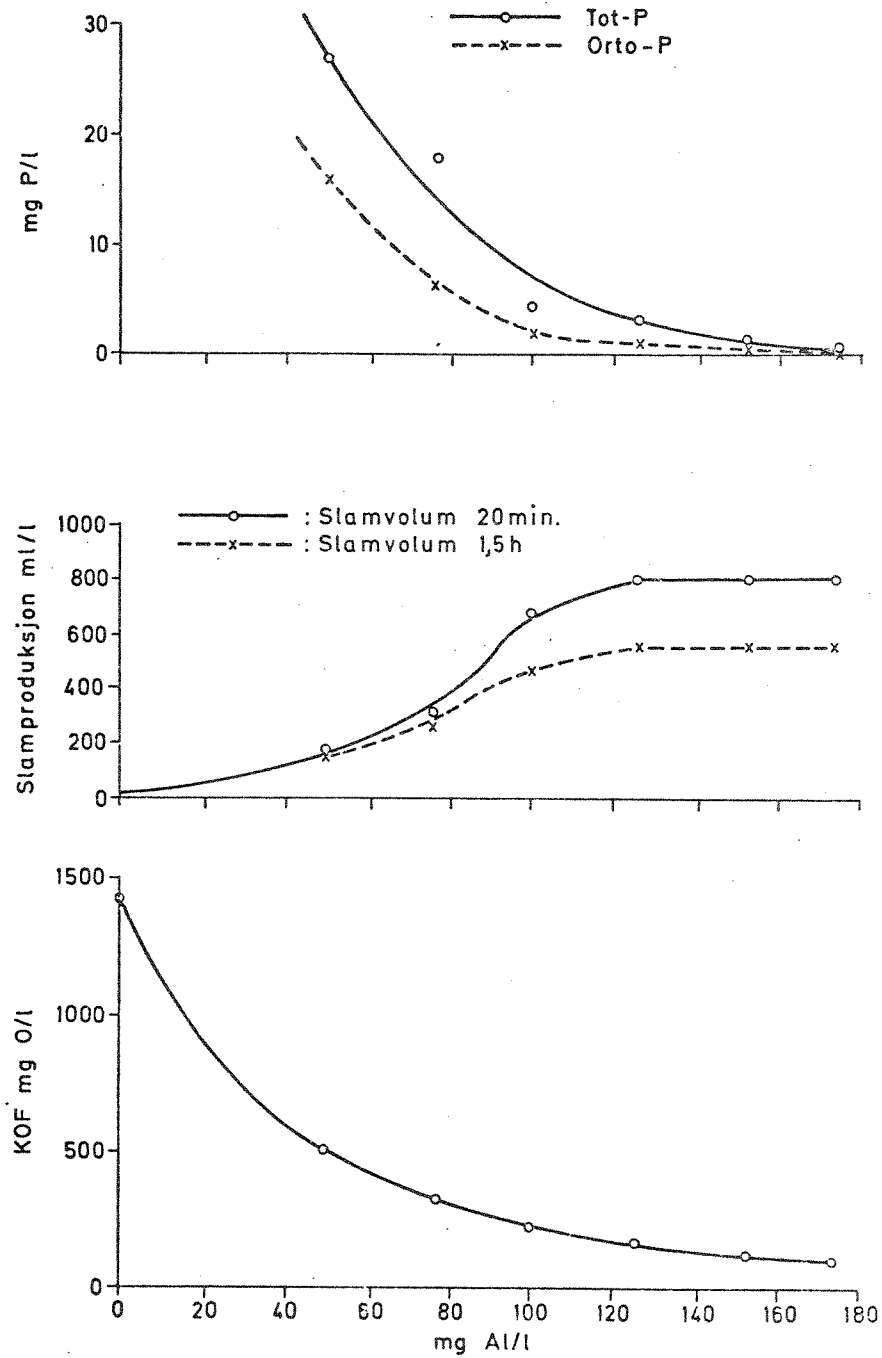
Kjemisk felling av fruktvann ble utført på både det biologisk rensede fruktvann fra laboratorieforsøkene og fra fruktvannet behandlet i forsøkslagunen. Fellingskjemikalierne, aluminiumsulfat, jernklorid og kalk ble benyttet. Fellingen ble foretatt i jartestapparat. Etter at fellingskjemikalierne var tilsatt, ble det foretatt en hurtig omrøring i 5 min., og en sakte omrøring (flokkulering) i 15 min. og 1 time sedimentering. Det felte fruktvann ble dekantert fra begrene. På grunn av at vi hadde små fruktvannsvolumer til disposisjon fra den biologiske rensing i laboratoriemålestokk,



Figur 20: Titreringskurve for biologisk rensset frukt vann



Figur 21: Titreringskurve for biologisk rensset frukt vann



Figur 22: Resultater fra fellingsforsøkene med aluminiumsulfat

ble det ved fellingsforsøkene benyttet fruktvannevolumer på 750 ml.

7.1 Resultater - kjemisk felling av biologisk rensed frukt vann fra laboratorieforsøkene

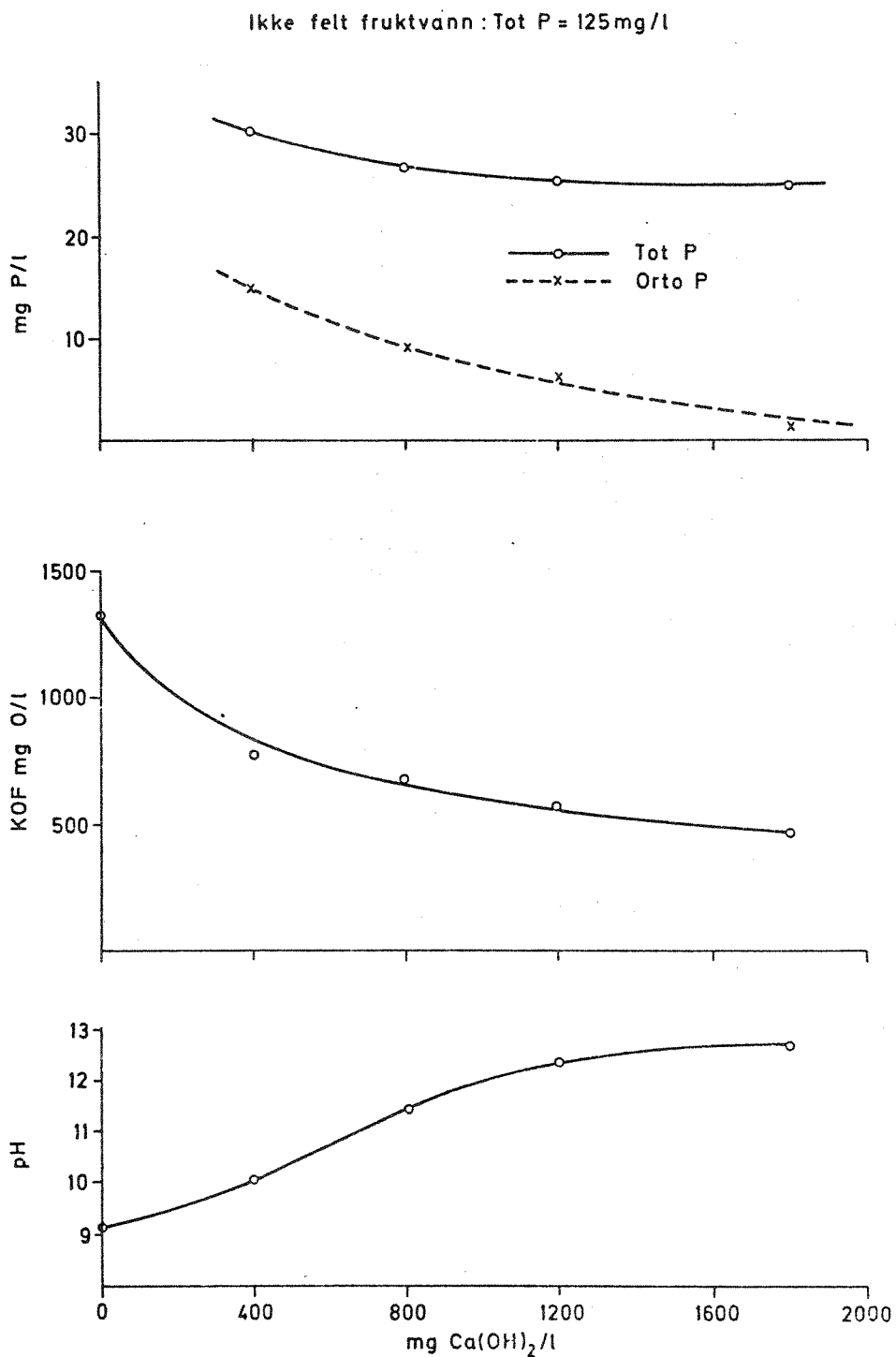
Det ble foretatt tre fellingsforsøk med det biologisk rensede frukt vann fra laboratorieforsøkene. Resultatene fra de tre forsøk var så like at vi bare vil foreta en fullstendig diskusjon av den mest omfattende forsøksserien.

Etter at forsøkene med biologisk rensing av frukt vann var avsluttet, ble frukt vannet fra laboratorieanleggene nr. 2, 3, 4, 9 og 10 blandet for å foreta fellingsforsøk. Blanding av frukt vannet var nødvendig for å få nok frukt vann til å utføre fellingsforsøk med flere fellingskjemikalier, varierende kjemikaliedosering osv. Fellingsforsøket ble utført den 22. april. Frukt vannet var da blitt behandlet biologisk i ca. 170 døgn (fra 1. november 1975 til 22. april 1976). Blandingen av det biologisk rensede frukt vann hadde et innhold av kjemisk oksygenforbrukende stoff på 1 410 mg O/1 og en total fosforkonsentrasjon på 125 mg P/1. Titreringskurvene for det samme vann er vist i fig. 20 og 21. Som det fremgår av kurvene i fig. 20 og 21, har frukt vannet en stor bufferkapasitet. Dette betyr at dersom felling med aluminiumsulfat eller kalk velges, må høye doseringsmengder anvendes for å oppnå optimale fellingsbetingelser.

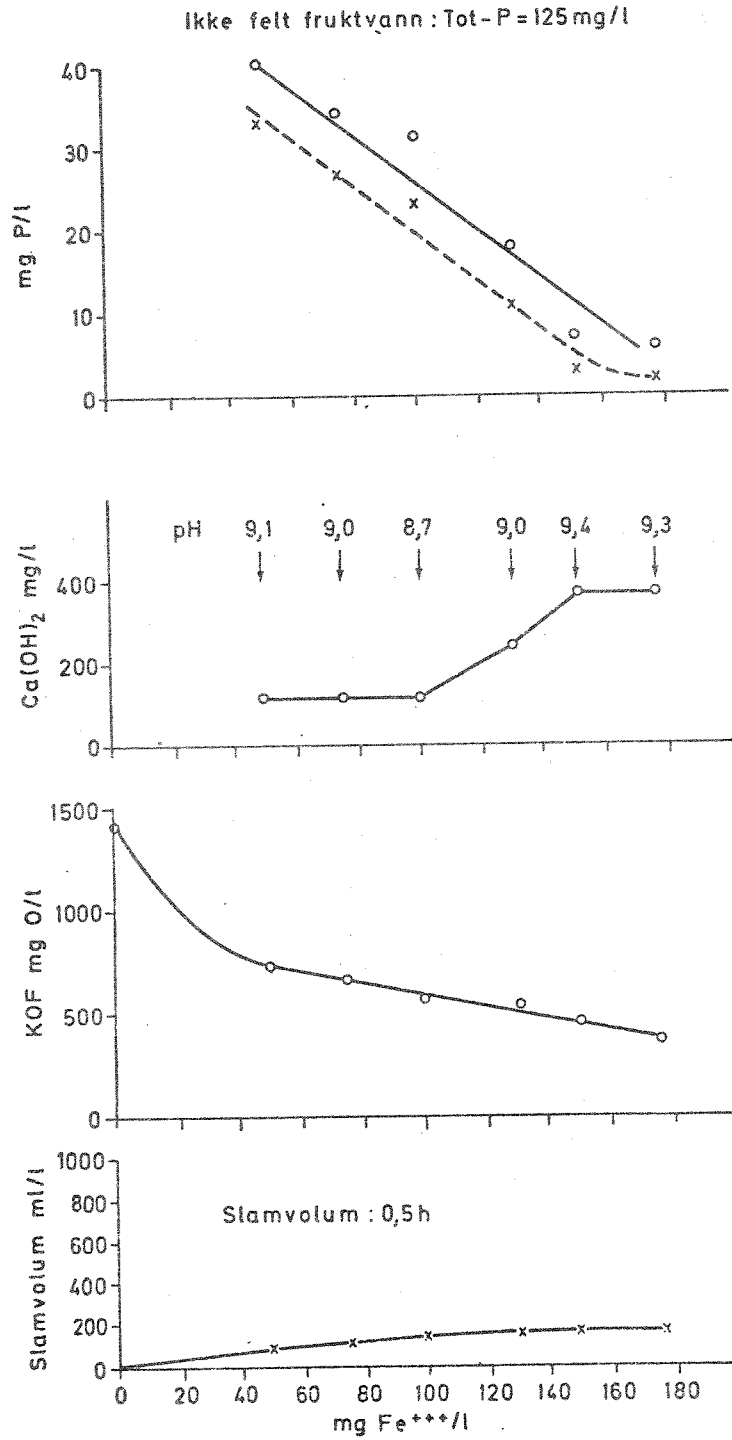
7.1.1 Fellingsforsøk med aluminiumsulfat

Resultatene fra fellingsforsøkene med aluminiumsulfat (50% løsning) er vist i fig. 22. Doseringsmengder fra 50 til 175 mg Al/1 ble benyttet i fellingsforsøkene. Det ubehandlede frukt vann hadde et innhold av total fosfor på 125 mg P/1. Doseringen beregnet på mol-basis utgjorde derfor Al/P-verdier fra 0.4 til 1.6.

Kurvene for total fosfor (Tot-P) viser minkende fosforkonsentrasjoner med økende aluminiumsulfatdoseringer. Med en dosering på 175 mg Al⁺⁺⁺/1, viser resultatene en total fosforkonsentrasjon i det felte vann på 0.70 mg P/1. Sammenlignet med en total fosforkonsentrasjon i det ubehandlede frukt vann på 125 mg P/1, tilsvarer dette en fosforfjerning på 99.4%. Ved samme dosering 175 mg Al⁺⁺⁺/1 var konsentrasjonen av ortofosfat i det



Figur 23: Resultater fra fellingsforsøk med kalk



Figur 24: Resultater fra fellingsforsøkene med jernklorid pluss kalk

felte vann 0.11 mg P/l. 90% fjerning av fosfor tilsvarer en total fosforkonsentrasjon i det felte vann på 12.5 mg P/l. For å oppnå dette, viser forsøkene at en dosering på 80 mg Al^{+++} /l må benyttes.

På grunn av fruktvannets høye alkalitet, måtte relativt store mengder syre tilsettes ved de laveste doseringer for å senke pH ned til ca. 6.0 som er den optimale verdi for felling med aluminiumsulfat. Ved den laveste aluminiumsulfatdose som tilsvarte 50 mg Al^{+++} /l ble pH senket fra 9.0 til 7.1. For å senke den til pH 6.0, måtte en tilsette 8 ml 1-N HCl/l. Ved så høye doseringer som 150 mg Al^{+++} /l, ble pH senket til pH 6.0 slik at det ved denne dosering og høyere, var det unødvendig å tilsette syre for å oppnå optimale fellingsbetingelser.

Fig. 22 viser også slamproduksjonen som funksjon av aluminiumsulfatdoseringene. Allerede ved en dosering på 50 mg Al^{+++} /l utgjorde andelen av slam etter 1.5 times sedimentering 18% eller 180 ml/l. Med en dosering på 125 mg Al^{+++} /l var det tilsvarende tall 560 ml/l. Den store slammengde som ble dannet, skyldes i første rekke dannelse av hydroksyder. Kjemisk felling med aluminiumsulfat fører altså til stor slamproduksjon. På grunn av dette vil neppe aluminiumsulfat være aktuell som fellingsmiddel.

I fig. 22 er også opptegnet fjerningen av kjemisk oksygenforbruk som funksjon av aluminiumsulfatdoseringen. Kurven viser en økende fjerning av kjemisk oksygenforbruk ved økende Al^{+++} -dosering. Ved en dosering på 175 mg Al^{+++} /l er således kjemisk oksygenforbruk blitt redusert fra 1 410 til 120 mg O/l. Ved de høyeste doseringer ble også fruktvannets karakteristiske sorte farge fjernet.

7.1.2 Fellingsforsøk med kalk

Kalkfelling av biologisk rensed frukt vann ble også utført. Resultatene fra disse jartestforsøk er vist i fig. 23.

Kurven for total fosfor som funksjon av kalktilsetningen viser at totalfosfor kunne reduseres til 27 mg P/l. Resultatene viser også at så lenge kalkdoseringen er høyere enn 800 mg $Ca(OH)_2$ /l, er fjerningen av total fosfor forholdsvis konstant. Kurven for ortofosfat viser derimot en økende

fosforfjerning med økende kalktilsetning. Dette betyr at total-fosforen i det felte vann ved høye kalkdoseringer foreligger i partikulær form og at disse partikler er vanskelig og sedimentere. pH i det felte frukt-vann som funksjon av kalktilsetningen, viser at ved 800 mg Ca(OH)₂/l var pH 11.4. Dette regnes for å være en nedre grenseverdi for å oppnå gode fellingsbetingelser med kalk.

Sammenlignet med fellingsresultatene som ble oppnådd ved felling med aluminiumsulfat, ble fjerningen av total fosfor dårligere. Den laveste fosforkonsentrasjon som ble funnet, 27 mg P/l, er ikke tilstrekkelig til å oppnå rensekravene med hensyn på fjerning av fosfor. Kalk alene som fellingsmiddel, vil derfor neppe bli aktuelt. For å bedre fnokkdanningen og få en bedre sedimentering av fnokkene, kan det bli aktuelt å tilsette polyelektrolytter ved kalkfellingen (f.eks. Sepran N 10 fra Dow Chemical).

Fig. 23 viser også fjerningen av kjemisk oksygenforbruk som funksjon av kalktilsetningen. Resultatene viser en økende fjerning med økende kalktilsetninger.

Ved kalkfellingen ble den utfelte slammengde ubetydelig sammenlignet med de slammengder man fikk ved felling med aluminiumsulfat.

7.1.3 Felling med jernklorid og kalk

For å undersøke fosforfjerningen ved felling med treverdi jern og ved fellingsbetingelser ca. pH 9.0 ble jernklorid pluss kalk benyttet. Resultatene fra disse forsøk er vist i fig. 24.

Fig. 24 viser en økende fjerning av total fosfor med økende jernklorid-dosering. Resultatene viser nærmest et liniært forhold mellom doseringsmengdene og fosfor konsentrasjonene i det felte frukt vann. Ved en dosering som tilsvarte 150 mg Fe⁺⁺⁺/l (mol-forhold Fe⁺⁺⁺/P = 0.7) var fosforkonsentrasjonen i det felte vann 7.5 mg/l. Med en fosforkonsentrasjon på 125 mg P/l i det ubehandlede vann, tilsvarer dette en fosforfjerning på 94%. Som det fremgår av kurvene for total fosfor og ortofosfat, er meste-parten av fosforen ved de laveste Fe⁺⁺⁺-doseringer tilstede i løst form.

For å kunne holde pH på ca. 9.0, måtte kalk tilsettes. Ved de tre laveste

doseringer ble 125 mg Ca(OH)_2 /l tilsatt, ved 125 mg Fe^{+++} /l, 250 mg Ca(OH)_2 /l og ved de to høyeste doseringer 375 mg Ca(OH)_2 /l. Kalk og jernkloriddoseringens innflytelse på pH er vist i fig. 24. Sammenlignes resultatene for fjerning av total fosfor (se punkter) med kalktilsetninger og pH-verdiene tyder resultatene på at felling ved de høyeste pH-verdier gir de beste resultater med hensyn på fjerning av fosfor. Det er derfor trolig at man ved fellingen med treverdige jern bør ligge nærmere pH 9.5 enn 9.0

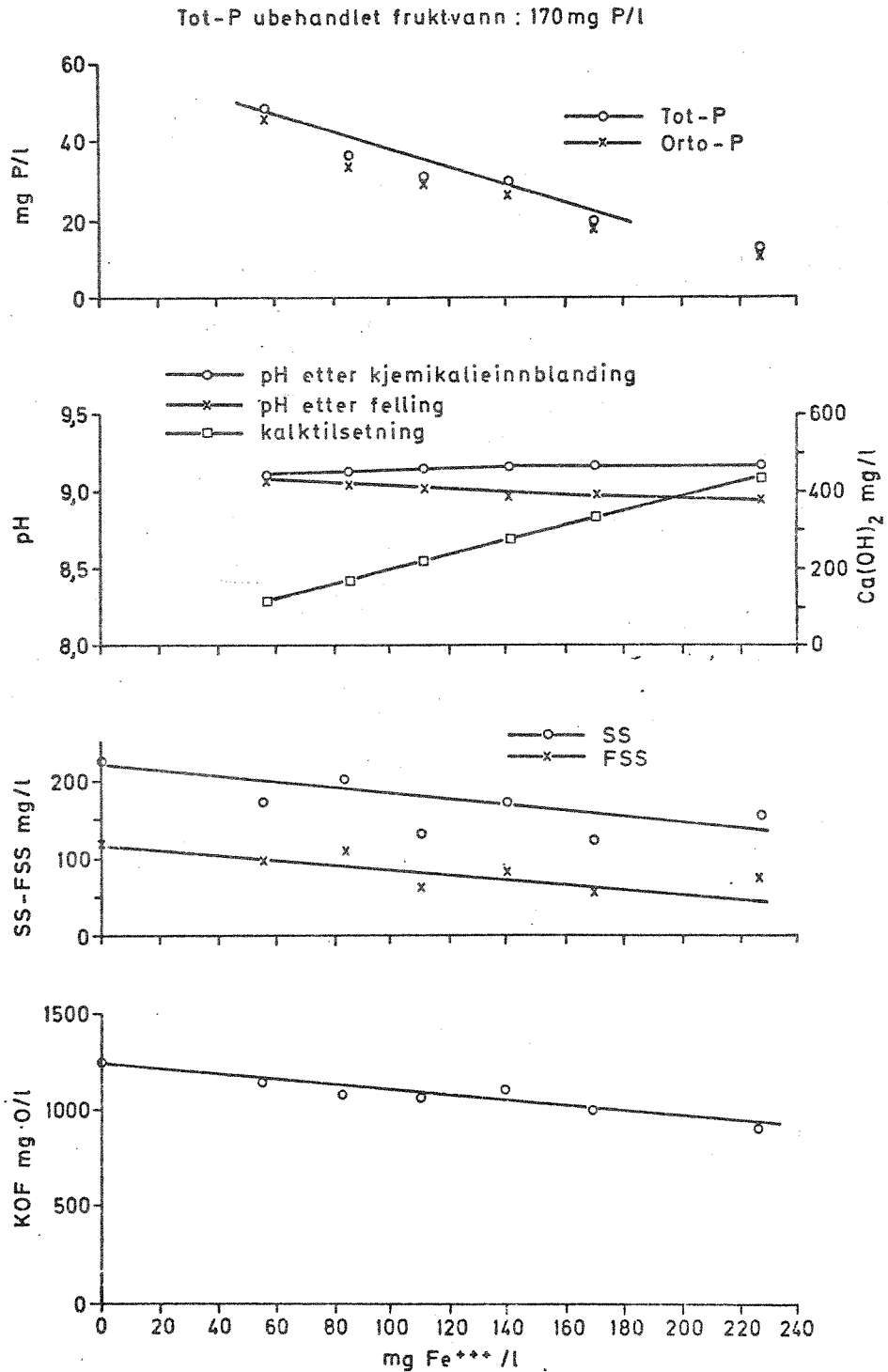
For å oppnå rensekravene med hensyn på fjerning av fosfor, viser resultatene at en Fe^{+++} -dosering på 150 mg Fe^{+++} /l måtte anvendes. Denne dosering tilsvarer et mol-forhold $\text{Fe}^{+++}/\text{P} = 0.7$.

Fig. 24 viser fjerning av kjemisk oksygenforbrukende stoff som funksjon av jernkloriddoseringene. Det biologisk rensede frukt vann hadde en verdi av kjemisk oksygenforbruk på 1 410 mg O/l. Ved en dosering på f.eks. 150 mg Fe^{+++} /l ble kjemisk oksygenforbruk funnet til 445 mg O/l. Ved denne doseringsmengde ble derfor 70% av kjemisk oksygenforbruk fjernet.

Nederst på fig. 24 er slamproduksjonen oppteget som funksjon av doseringsmengdene. Kurven viser en økende slamproduksjon med økende doseringsmengder. Som det fremgår av kurven, ble det ved en dosering på 150 mg Fe^{+++} /l og etter en halv times sedimentering produsert 180 ml slam pr. liter (18%). I praksis ville en benytte mye lengre sedimenteringstider enn 0.5 time, slik at slamvolumet ville bli betydelig mindre.

7.1.4 Felling av biologisk frukt vann fra forsøkslagunen

Den 22. september 1976 ble biologisk rensede frukt vann fra forsøkslagunen på Strand Brønderi forsøkt felt i jartest. Ut fra resultatene som ble oppnådd ved de tidligere omtalte fellingsforsøk, ble det klarlagt at felling med treverdige jern pluss kalk synes å være det mest aktuelle fellingskjemikalie. Aluminiumsulfat ga meget høye renses effekter med hensyn på fjerning av fosfor, men det ble dannet så store slammengder at dette fellingskjemikalie må anses som mindre attraktivt. Kalk alene ga for lave fosforfjerninger for å oppfylle rensekravene. Ved fellingsforsøkene med biologisk rensede frukt vann fra forsøkslagunen ble det derfor bare benyttet treverdige jern pluss kalk som fellingskjemikalier.



Figur 25: Resultater fra fellingsforsøkene med jernklorid pluss kalk i forsøkslagene

Fosforkonsentrasjonene i det ubehandlede fruktvann var 170 mg P/l. Etter den biologiske behandling i forsøkslagunen var innholdet av kjemisk oksygenforbrukende stoff 1 250 mg O/l.

Resultatene fra fellingsforsøkene med biologisk rensed fruktvann fra forsøkslagunen er vist i fig. 25. Resultatene er svært like de tilsvarende resultater som ble oppnådd i fellingsforsøkene med det biologisk rensede fruktvann fra laboratorieforsøkene. Kurven for fjerning av fosfor som funksjon av jernkloridtilsetningen viser et tilnærmet lineært forløp. Det vil si fosforfjerningen øker med økende tilsats av jernklorid. Figuren for pH som funksjon av kalk og jernkloridtilsetning viser at pH sank etter kjemikaliedoseringen. Senkningen var størst ved høy pH. Denne senkning i pH skyldes trolig dannelse av jernhydroksyder. Resultatene fra fosforfjerningen viste at en jernkloriddose uttrykt som Fe^{+++} på 225 mg/l ga en fosforkonsentrasjon i det rensede vann på 14 mg/l. Dette tilsvarer en total fosforfjerning på 92%.

Fig. 25 viser også fjerningen av suspendert og flyktig suspendert stoff som funksjon av jernklorid-doseringene. Kurvene viser at den kjemiske felling med jern har forholdsvis liten innflytelse på fjerningen av suspendert og flyktig suspendert stoff. På grunn av at fjerningen av suspendert stoff i fellingsprosessen er forholdsvis dårlig, blir også fjerningen av kjemisk oksygenforbrukende stoff dårlig. Ved at man i den biologiske prosess foretar en langtgående fjerning av kjemisk oksygenforbrukende stoff, er en ytterliggående fjerning av denne komponent i fellingsprosessen ikke nødvendig. Ved å tilsette hjelpekoagulant ved den kjemiske felling, kan trolig både fjerningen av total fosfor, organisk stoff (kjemisk oksygenforbruk) og suspendert stoff økes noe utover de resultatene som er beskrevet foran.

7.1.5 Hvordan bør fosforfjerningen foregå i en fullskala lagune?

Resultatene fra jartest-forsøkene med kjemisk felling av biologisk rensed fruktvann viste at det var mulig å fjerne total fosfor slik at konsesjonsvilkårene kunne oppfylles. Erfaringene fra jartestforsøkene viste også at felling med tre-verdig jern var mest attraktivt. Ved felling med aluminiumsulfat var det mulig å oppnå en vidtgående fosforfjerning,

men på grunn av de store slammengder som ble produsert, må dette fellingsmiddel betraktes som lite attraktivt.

Istedenfor felling med jernklorid, vil en sannsynligvis i en fullskala lagune anvende jernsulfat-monohydrat eller jernsulfat-heptahydrat. For å gi effektiv fosforfjerning, må de toverdige jernforbindelser oksyderes til tre-verdig jern. Hvis disse toverdige jernforbindelser tilsettes en luftet lagune hvor man har en gunstig pH-verdi, vil det to-verdige jern oksyderes til tre-verdig jern. I dette tilfelle hvor man har en gunstig pH-verdi i lagunen, kan jernsulfat tilsettes lagunen før man foretar den kjemiske felling. Resultatene fra jartest-forsøkene viste at de beste fellingsresultatene med jern ble oppnådd ved relativt høye pH-verdier (9-9.5). Da jernsulfat eller jernklorid er sure salter, vil disse senke pH i lagunen. For å heve pH, må en derfor tilsette kalk.

Med den forutsetning at man klarer å minske vannforbruket ved potetmel-fremstillingen slik at to deler uforyttnet frukt vann pluss en del fortynt ninsvann må behandles, tilsvarer dette at frukt vannet har en fosforkonsentrasjon på 355 mg/l. Våre fellingsforsøk viste at man måtte opp mot et molforhold Fe^{+++}/P på ca. 1.0 for å oppnå bedre fosforfjerninger enn 90%. Dette tilsvarer da Fe^{+++} -doseringer på ca. 60 mg Fe^{+++}/l .

Ved en fabrikkasjon på 1 000 tonn potetmel, må 6 000 m³ frukt vann felles. Til dette medgår 3.6 tonn Fe^{+++} eller 12 tonn jernsulfat monohydrat eller 20 tonn jernsulfat heptahydrat. Kostnadene for de to fellingskjemikaliene vil bli henholdsvis kr 1 700 og kr 1 200 ekskl. frakt og moms. For å øke pH til optimalt intervall vil det trenge ca. 3 tonn kalk. Dette beløper seg til ca. kr. 800 ekskl. frakt og moms.

Etter at fellingskjemikaliene er tilsatt lagunen, kan frukt vannet pumpes til et lite fellingsanlegg som består av et flokkuleringskammer og en sedimenteringsenhet. Sedimenteringstanken kan utføres som en omvendt pyramide med f.eks. sider i grunnflaten på 4 m og med bunnhelning på 60 °C. Slammet som sedimenterer, siger ned i denne konen. Slammet kan så ledes til en slamfortykker. Fra slamfortykkeren kan slammet f.eks. spres på jordarealer eller pumpes til en tørkeseng for oppbevaring og tørking. Lagres slammet på tørkesengen gjennom vinteren, vil en på grunn av frysingen og smeltingen, oppnå et slam som avvanner lett og har et høyt tørrstoffinnhold når det skal spres ut om våren.

Ligger lagunen i nærheten av et kommunalt renseanlegg kan det også bli aktuelt å lede slammet til dette anlegg for avvanning i f.eks. sentrifuger, silbåndpresser eller annet avvanningsutstyr. Beregninger og erfaringer fra fellingsforsøkene indikerer at det fra 6 000 m³ frukt vann vil bli produsert ca. 500 m³ slam ved et tørrstoffinnhold på ca. 2.5%. Avvannet i sentrifuge eller silbåndpresse vil dette gi ca. 50 m³ slam.

Ved å benytte en sedimenteringsenhet med sideflate 4 m og en overflatebelastning på 0.5 m/h, vil det ta ca. 35 døgn å foreta en kjemisk felling av frukt vannet. Den nevnte overflatebelastning er valgt noe lav slik at fellingen trolig kan være ferdig i løpet av ca. 20 døgn.

Den kjemiske felling kan også foretas i den samme lagunen hvor biologisk rensing foretas. Velges dette alternativ, slipper en å bygge noen separat fellingsenhet. Ved kjemisk felling i selve dammen, må en etter hver driftsesong fjerne slammet fra lagunen og dette vil trolig bli meget arbeidskrevende.

8 UTFØRELSE OG DIMENSJONERING AV LAGUNEN FOR BIOLOGISK RENSING

Lagunen hvor frukt vannet skal renses biologisk, må utføres slik at minst mulig frukt vann siger ut av lagunen. For å oppfylle dette krav, må man legge et tett belegg innvendig i lagunen eller lagunen på plasseres på løsmassen med tilstrekkelig lav permeabilitet. Legges lagunen på løsmasser med for stor permeabilitet, vil frukt vannet renne ned i grunnen og forurenser grunnvannet. Forurensningene vil da bli transportert med grunnvannet og forurense Mjøsa. Har løsmassen tilstrekkelig lav permeabilitet, vil de små lekkasjer man får i begynnelsen, gjøre at lagunen tetter seg selv. For å avgjøre om løsmassene egner seg som tetningslag i lagunen, bør prøver sendes inn til et geoteknisk laboratorium. En erfaren geotekniker vil også kunne avgjøre på stedet om løsmassene egner seg til tetningslag.

Benyttes en tykk plast eller gummifolie som tetning i lagunen, behøver man ikke å stille noen spesielle krav til plassering av lagunen. Plastfolien som egner seg til tetning i lagunen, koster for tiden 50 kr/m² ferdig montert ekskl. moms. Plastfolien for en lagune til en potetmel-

fabrikk med produksjon av 1 000 potetmel (lagune 1 000 m²) koster således ca. 50 000 kr. For å sikre folien mot vind når lagunen er tom, må man også dekke over folien med løsmassen. Folien er den samme som legges som tetningslag under søppelfyllplasser. Har man egnede løsmasser i nærheten av den planlagte lagune, vil det trolig bli billigere å anvende disse enn plastfolie.

Før man fyller opp lagunen med frukt vann, bør en ha tatt noen prøver av grunnvannet. Dette kan være nødvendig for å kartlegge eventuell senere forurensning fra lagunen på grunn av lekkasje.

Med den forutsetning at 600 l frukt vann pr. 100 kg potetmel må behandles, må det for en fabrikkasjon på 1 000 tonn potetmel oppsamles 6 000 m³ frukt vann pr. driftssesong. Arealbehovet av dammen vil være avhengig av den damdybde som benyttes. Velges en damdybde på 6 m, vil dette for en årsfabrikkasjon på 1 000 tonn potetmel kreve et damareal på 1 dekar. Ved en eventuell sammenslutning av de tre potetmelfabrikker på østsiden av Mjøsa, vil en eventuell biologisk behandling av frukt vannet således kunne kreve et damareal på 4 dekar.

Utforming av lagunen vil i høyeste grad være avhengig av lokale forhold. Det kan tenkes at et areal har en naturlig skråning langs den ene eller flere av sidene. Dette vil da kunne nedsette gravekostnadene betraktelig. Med en damdybde på 6 m sier det seg selv at lagunen bør plasseres slik at man oppnår flest mulig naturlige sideflater. På grunn av gravekostnadene, kan det også bli aktuelt å benytte flere bunnivåer i lagunen. Man må da påse at lufterne i samme nivå tilkoples samme blåsemaskin.

Med den fortykning av frukt vannet som potetmelindustrien i dag anser som mulig, vil innholdet av biokjemisk oksygenforbruk i frukt vannet som eventuelt skal behandles biologisk, være ca. 18 000 mg O₂/l. Hvis vi regner at man vil rense frukt vannet i løpet av 100 døgn med 90% renseeffekt med hensyn på BOF, betyr dette at man må benytte en luftintensitet på 6.7 l luft/min og m³ frukt vann. Ved denne beregning har vi forutsatt bruk av Helixor lufter og at nedbrytningshastigheten er proporsjonal med lufttilførselen og at det trengs 58 l luft for å fjerne 1 gr BOF₇ (se tidligere diskusjon). Tallet 58 l luft/gr BOF ble funnet over en periode

om våren da gjennomsnittstemperaturen i lagunen var 9.5°C . Normalt bør en kunne regne med høyere driftstemperaturer enn dette slik at den beregnede verdi $6.7 \text{ l luft/min og m}^3$ fruktvann skulle være på den sikre side. For dimensjoneringsformål anbefales dog å benytte $8 \text{ l luft/min. og m}^3$ fruktvann.

Benytter man en dimensjonerende luftmengde på 8 l luft/m^3 fruktvann og min., må blåsemaskinene for en $6\ 000 \text{ m}^3$ lagune dimensjoneres for $48 \text{ m}^3/\text{min}$. Velges Helixor mammutluftere av samme type som benyttet i forsøkslagunen med optimal kapasitet $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$, trengs 30 luftere. Lufterne må derfor plasseres i en avstand av 5.5 m . I forsøkslagunen var den samme avstand 5.85m .

Skumdannelsen i lagunen vil bli størst i oppstartingsfasen for så å avta gradvis. Det er proteinene og andre overflateaktive stoffer som i første rekke forårsaker skummingen. Nedbrytningen av proteinene og minsking i skumdanningen henger derfor nøye sammen. Ved oppstartning av lagunen er det derfor lite trolig at man kan benytte full blåsemaskinkapasitet. ($8 \text{ l luft/min og m}^3$ fruktvann). For å oppnå en fleksibel drift, kan det derfor være nødvendig å installere f.eks. 3 blåsemaskiner. For de relativt store blåsemaskinene det her er snakk om, vil dette gi liten økning i investeringskostnadene.

Om vinteren hvor driftstemperaturen i en lagune nærmer seg 0°C , vil nedbrytningshastigheten være meget lav. I dette tilfelle hvor fruktvann skal renses, vil en derfor lagre fruktvannet vinterstid og foreta selve rensingen i etterfølgende sommerhalvår hvor driftstemperaturene blir relativt høye. For å unngå anaerobe forhold med påfølgende luktproblemer, må daminnholdet luftes vinterstid. Den nødvendige luftingskapasitet vinterstid vil være lav sammenlignet med den kapasitet man vil benytte under selve nedbrytningsperioden sommerstid.

9 KOSTNADER FOR BYGGING OG DRIFT AV LAGUNE OG ETTERFELLINGSANLEGG

I de prisene vi har angitt nedenfor, har vi tatt hensyn til at fruktvannet vil bli mere konsentrert enn tilfellet var med fruktvannet ved Strand Brønneri.

Kostnadene for blåsemaskiner, mammutluftere og rørarrangement er innhentet

fra leverandør. De andre byggekostnadene er delvis basert på skjønn og delvis tatt fra tilbud på lignende installasjoner.

Kostnadene for bygging av selve lagunen vil variere betydelig med lokale forhold. Under gunstige forhold bør lagunen for en fabrikk med årsproduksjon 1 000 tonn potetmel kunne bygges for under 100 000 kr. I kostnadsoverslaget nedenfor er bygging av selve lagunen ikke medregnet.

Prisene på skumdempningsmiddelet og fellingskjemikaliene er innhentet fra vedkommende leverandører. Energikostnadene er innhentet fra Ringsaker og Nes Kraftanlegg. I beregning av energikostnadene er ikke medtatt det faste kW abonnement. Grunnen til dette er at det nåværende strømforbruk ved potetmelfabrikkene på sommerstider så lavt at dette pluss effektforbruket fra blåsemaskinene sannsynligvis ikke vil overskride det faste abonnement.

Prisene som er angitt nedenfor, inkluderer ikke merverdiavgift.

Bygge- og installasjonskostnader:

Blåsemaskiner 3 stk.	kr 100 000
Mammutluftere 30 stk.	100 000
Kompressorhus	10 000
Overrislingsanlegg	20 000
Etterfellingsanlegg	50 000
Slamfortykker	50 000
Montering	<u>30 000</u>
Tilsammen	kr 360 000
- Lagune ikke medregnet	

Driftskostnader pr. år:

Silicon skumdemper	kr 8 000
Fellingskjemikalier	2 500
Strøm 100 kW, 100 døgn, 5.2 øre/kWh	<u>15 000</u>
Tilsammen	25 000
(Slam til avvanning i kommunale renseanlegg	kr 15 000)

10 KONKLUSJON

- 1 Fruktvann fra potetmelfremstilling er lett biologisk nedbrytbart. Biologisk rensing ved tilstrekkelig lange oppholdstider vil derfor gi fjerning av biokjemisk oksygenforbrukende stoff høyere enn 90%.
- 2 Nedbrytningshastigheten av det organiske stoff i frukt vannet eller fjerning av biokjemisk oksygenforbrukende stoff var tilnærmet proporsjonal med lufttilførsel til lagunen. For å oppnå renskravene med hensyn på biokjemisk oksygenforbrukende stoff, kan man derfor anvende lange oppholdstider og liten luftinnblåsning eller korte oppholdstider og stor luftinnblåsning. Beregninger viser at en frukt vannsblanding bestående av 2 deler konsentrert frukt vann og 1 del fortynningsvann trengs å luftes 100 døgn sommertid ved temperaturer høyere enn 10 °C. Den nødvendige blåsemaskinkapasitet er da 8 l luft/min og m³ frukt vann ved det undersøkte luftesystem.
- 3 Vinterstid vil nedbrytningshastigheten av det organiske stoff i frukt vannet være svært langsom . Det vil derfor lønne seg å lagre frukt vannet over vinteren og foreta selve nedbrytningen i sommerhalvåret. For å unngå forråtnelse av daminnholdet vinterstid, må man foreta en luftning med lav intensitet eller kortvarig, daglig luftning på f.eks. 2 timer.
- 4 Under forsøkene har det ikke vært is- og luktpoblemer i forsøkslagunen.
- 5 Luftinnblåsning i frukt vann forårsaket svær skumdanning. For å kunne beherske skumproblemene, måtte skumdemper på silikonbasis tilsettes, og frukt vann sprøytes over skummet. Skumdanningen økte med økende lufttilførsel. På grunn av den biologiske nedbrytning av frukt vannet, minket skumdanningen med økende oppholdstid.

Da en må regne med å behandle mere konsentrert frukt vann enn det som ble behandlet i forsøkslagunen, kan en ikke se bort fra at skumningsproblemene kan bli større i en fullskala lagune.
- 6 Ved den biologiske rensing ble det bare observert sedimenterbart slam i frukt vannet kort etter igangkjøring av forsøkene. Mikroorganismene i

- slammet bestod hovedsaklig av frittsvevende gjær-celleaktige organismer.
- 7 Forsøkene i laboratoriemålestokk viste at de biologiske nedbrytningsprosesser fikk en raskere oppstarting ved poding med aktivt slam. Effekten av slampoding avtok gradvis, og ved lange oppholdstider var rensesultatene som ble oppnådd med og uten slampoding, praktisk talt like.
 - 8 For å fjerne fosfor fra det biologisk rensede frukt vann, må kjemisk felling foretas. Felling med tre-verdig jern pluss kalk i pH-område 9.0-9.5 syntes å gi de beste resultater. For å kunne foreta fosforfjerning høyere enn 90%, måtte mol-forholdet Fe^{+++}/P ligge opp mot 1.0. For en frukt vannblanding bestående av 2 deler ufortynnet frukt vann pluss 1 del fortynningsvann, tilsvarer dette en dosering på ca. 600 mg Fe^{+++} /l. Det biologisk rensede og kjemisk felte frukt vann hadde en sterk mørkebrun farge. Fargen kunne fjernes ved meget høye kjemikaliedoseringer.
 - 9 Den kjemiske felling som ble foruttatt med jartest apparatur, synes å indikere en slamproduksjon på ca. $0.1 m^3$ slam pr. m^3 felt frukt vann. Dette slam er antatt å ha et tørrstoffinnhold på 2-3%

11 LITTERATURLISTE

- 1 Borud, O.J.: Utslipp fra potetbearbeidende Industri. Instruksutslipp på kommunale avløpsanlegg. Kurs NIF/NITO 9.-11.9.1974.
- 2 Utredning fra et utvalg oppnevnt i 1973: Rasjonalisering av Potetmelindustrien på Hedmarken.
- 3 Culp, R.L. og Culp G.L.: Advanced Wastewater Treatment. Jan Norstrand Renhold Company, side 53.
- 4 Notat utført av Commento AB, Näsby Park - 18351 Täby, Sverige.

DELAG 1

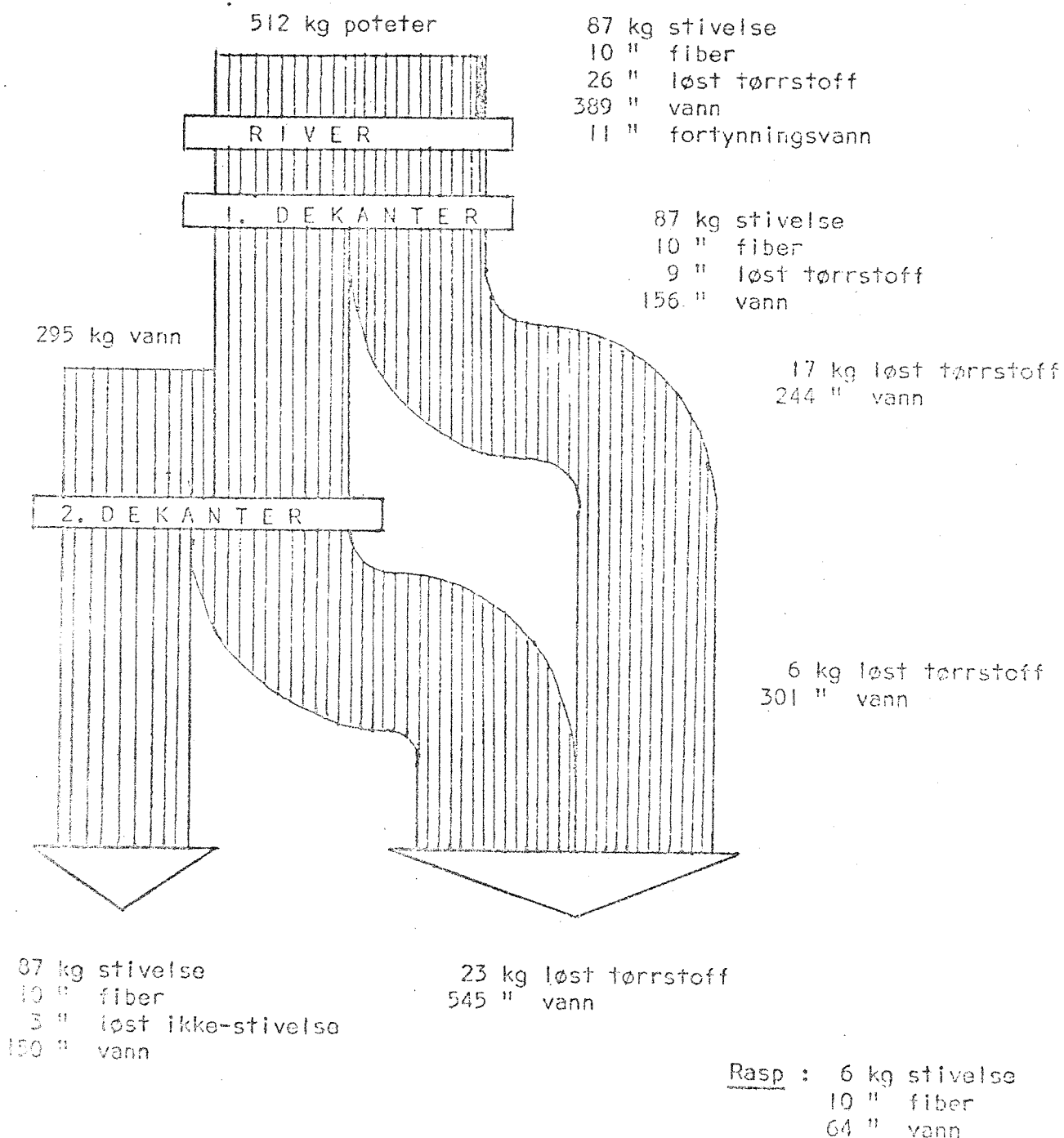
MASSEDIAGRAM FOR PRODUKSJON AV POTETMEL

BASIS : 100 kg potetmel

Poteter : 17 % stivelse
 5 % løst ikke-stivelse
 2 % fiber og annet uløst utenom stivelse

Utbytte : 87 kg stivelse/100 kg mel

Dekanter-drift : 65 % utskilling med 40 % tørrstoff i fastfasen, rasp med 20 % tørrstoff.



BILAG 2

Tabell 13: Forsøksanlegg nr. 1

Fortynning: 1+0

Slamponing: 1%

Driftstemperatur: 10 °C

Prøve tatt	KOF mg O/l	BOF mg O/l	TOC mg C/l	Tot-N mg N/l	NH ₄ -N mg N/l	NO ₃ -N mg N/l	Tot-P mg P/l	Ort-P mg P/l
Start 1/11	24800	12800	5000	1530	16	0	190	1.6
6/11 d		5780	3000	1120	355			
9/11 s	2440							
d	8660							
12/11 d		3510	2250	1200	430			
19/11 s	2880							
d	8730		1500					
24/11 d	5080	900		1000	580			
5/12 s	3010							
o	4670							
17/12 d	3100							
6/1 s	1950							
d	2920							
o		550						
12/1 s	1630							
d	2646							
29/1 s	1500							
d	2020							
9/2 d	1960			260	43	1		
o	2500	239						

o= omrørt prøve

d= dekantert prøve

s= sentrifugert prøve

Tabell 14: Forsøksanlegg nr. 2

Fortynning: 2+1

Slampering: 1%

Driftstemperatur: 10 °C

Prøve tatt		KOF mg O/l	BOF mg O/l	TOC mg C/l	Tot-N mg N/l	NH ₄ -N mg N/l	NO ₃ -N mg N/l	Tot-P mg P/l	Ort-P mg P/l
Start	o	16500	8530	3350	1050	10	0	127	1.0
	s	12400							
5/11	s	2750		1750	500	220			
	d	7000							
6/11			4065						
9/11	s	2060							
	d	6180							
12/11	d		2320	1750	900	380			
19/11	s	2260							
	d	4210		1250					
24/11	d	4100	980		970	600			
5/12	s	1900							
	o	3400							
6/1	s	1450							
	d	2310							

o= omrørt prøve

d= dekantert prøve

s= sentrifugert prøve

Tabell 15: Forsøksanlegg nr. 3

Fortynning: 1+1

Slampering: 1%

Driftstemperatur: 10 °C

Prøve tatt	KOF mg O/l	BOF mg O/l	TOC mg C/l	Tot-N mg N/l	NH ₄ -N mg N/l	NO ₃ -N mg N/l	Tot-P mg P/l	Ort-P mg P/l
Start 1/11 o	12400	6400	2500	760	8		95	0.8
5/11 s	1150	2805	1500	320	205			
9/11 s	1340							
d	4620							
12/11		1580	1250	650	310			
19/11 s	1340							
d	3690		1250					
24/11 d	3680	1080		600	350			
5/12 s	1257							
o	2679							
17/12 s	1310							
d	2670							
6/1 s	1220							
d	2430							
o		580						
12/1 s	950							
d	2376							
29/1 s	1110							
d	1930							
9/2 s								
d	1890			300	124	1		
o	1950							

o= omrørt prøve

d= dekantert prøve

s= sentrifugert prøve

Tabell 16: Forsøksanlegg nr. 4

Fortynning: 2+1

Slampering: 5%

Driftstemperatur: 10 °C

Prøve tatt	KOF mg O/1	BOF mg O/1	TOC mg C/1	Tot-N mg N/1	NH ₄ -N mg N/1	NO ₃ -N mg N/1	Tot-P mg P/1	Ort-P mg P/1
Start 1/11 s	12400							
o	16500	8530	3350	1050	10	0	127	1.0
5/11 o				740	310			
s	1950	3330	1500	520	275			
9/11 s	3060							
d	5540							
12/11		1320	1750	930	365			
19/11 s	2560							
d	3350		1000					
24/11 d	3460							
5/12 s	2216							
o	3380							
17/12 s	2480							
d	2780							
6/1 s	1470							
d	2060							
o		280						
12/1 s	1240							
d	1726							
29/1 s	1190							
d	1690							
9/2 d	1340			220	59	1		
o	1460							

o= omrørt prøve

d= dekantert prøve

s= sentrifugert prøve

Tabell 17: Forsøksanlegg nr. 5

Fortynning: 2+1

Slampoding: 0%

Driftstemperatur: 10 °C

Prøve tatt	KOF mg O/l	BOF mg O/l	TOC mg C/l	Tot-N mg N/l	NH ₄ -N mg N/l	NO ₃ -N mg N/l	Tot-P mg P/l	Ort-P mg P/l
Start 1/11 o	16500	8530	3950	1050	10	0	127	
5/11 s	2750	3315	1750	760	240			
9/11 s	1940							
d	5620							
12/11		2490	1750	1030	680			
19/11 s	2160							
d	4730		1500					
24/11 d	4260	1190		840	560			
5/12 s	1000							
o	4120							
17/12 s	2480							
d	3300							
6/1 s	1740							
d	2800							
o		500						
12/1 s	1410							
d	2376							
29/1 s	1450							
d	2340							
9/2 d	2150			220	1	26		
o	2210	150						
12/4 d	1120	220		160	1	47		
22/4 d				160	1	48		

o= omrørt prøve

d= dekantert prøve

s= sentrifugert prøve

Tabell 18: Forsøksanlegg nr. 6

Fortynning: 2+1

Slampering: 1%

Driftstemperatur: 5 °C

Prøve tatt	KOF mg O/l	BOF mg O/l	TOC mg C/l	Tot-N mg N/l	NH ₄ -N mg N/l	NO ₃ -N mg N/l	Tot-P mg P/l	Ort-P mg P/l
Start 1/11 o	16500	8530	3350	1050	10	0	127	
5/11 s	6050							
d	8900	3780						
6/11 d			2500	720	89			
9/11 s	3300							
d	6400							
12/11 d		3540	2000	800	200			
19/11 s	2360							
d	5370		1750					
24/11 d	4720	2040		700	270			
5/12 s	1600							
o	4230							
17/12 s	1390							
d	2570							
6/1 s	1050							
d	2370							
o		690						
12/1 s	910							
d	2166							
29/1 s	970							
d	2010							
9/2 d	2000			260	54	1		
o	2000	567						
12/4		482		180	54	37		
22/4				180	1.5	95		

o= omrørt prøve

d= dekantert prøve

s= sentrifugert prøve

Tabell 19: Forsøksanlegg nr. 7

Fortynning: 2+1

Slampoding: 0%

Driftstemperatur: 5 °C

Prøve tatt	KOF mg O/l	BOF mg O/l	TOC mg C/l	Tot-N mg N/l	NH ₄ -N mg N/l	NO ₃ -N mg N/l	Tot-P mg P/l	Ort-P mg P/l
Start 1/11	16500	8530	3350	1050	10	0	127	
5/11 s	6050	4240						
6/11 d			2250	680	72			
9/11 s	3360							
d	8700							
12/11		3030	1750	740	240			
19/11 s	2060							
d	4950		1500					
24/11 d	5280	2050		740	490			
5/12 s	1700							
o	4550							
17/12 s	1420							
d	2950							
6/1 s	1030							
d	2380							
o		700						
12/1 s	870							
d	2050							
29/1 s	980							
d	1670							
9/2 d	1450							
o	1520			160	33	1		

o= omrørt prøve

d= dekantert prøve

s= sentrifugert prøve

Tabell 20: Forsøksanlegg nr. 8

Fortynning: 2+1

Slamprising: 1%

Driftstemperatur: 20 °C

Prøve tatt	KOF mg O/l	BOF mg O/l	TOC mg C/l	Tot-N mg N/l	NH ₄ -N mg N/l	NO ₃ -N mg N/l	Tot-P mg P/l	Ort-P mg P/l
Start 1/11 o	16500	8530	3350	1050	10	0	127	
3/11 d	3580	2000	760	125				
5/11 s	2050		440	330				
d	5700							
9/11 s	2240							
d	4000							
12/11		863	1250	560	295			
19/11 s	1650							
d	3120		1000					
24/11 d	2980	515		460	260			
5/12 s	1340							
o	2700							
17/12 s	1270							
d	2030							
6/1 s	1030							
d	1620							
o		60						
12/1 s	800							
d	1410							
29/1 s	710							
d	1180							
9/2 d	1170			160	1.5	50		
o	1190	53						
12/4	1160	240		140	1	85		
22/4				140	1	85		

o= omrørt prøve

d= dekantert prøve

s= sentrifugert prøve

Tabell 21: Forsøksanlegg nr. 9

Slamprising: 1%

Driftstemperatur: 10 °C

Prøve tatt	KOF mg O/1	BOF mg O/1	TOC mg C/1	Tot-N mg N/1	NH ₄ -N mg N/1	NO ₃ -N mg N/1	Tot-P mg P/1	Ort-P mg P/1
Start 10/10	5780							
13/10 d	3200							
16/10 d	3420		1000					
19/10 d	2660							
26/10 d	2330	1265						
2/11 d	2210	795	600	380	165			
5/11 s	430							
12/11		700						
24/11 d	1600	700	750	400	180			
5/12 s	470							
o	2370							
17/12 s	490							
d	1410							
6/1 s	360							
d	1060							
o		270						
12/1 s	330							
d	916							
29/1 s	350							
d	900							
9/2 d	510							
o	560			200	2	112		

o= omrørt prøve

d= dekantert prøve

s= sentrifugert prøve

Tabell 22: Forsøksanlegg nr. 10

Slamprising: 1%

Driftstemperatur: 10 °C

Prøve tatt	KOF mg O/l	BOF mg O/l	TOC mg C/l	Tot-N mg N/l	NH ₄ -N mg N/l	NO ₃ -N mg N/l	Tot-P mg P/l	Ort-P mg P/l
Start 26/10	14000							
2/11	6540	2065	1000	660	320			
5/11 s	1010							
d	4020							
9/11 s	1740							
d	3340							
12/11		1015	1000	660	390			
19/11 s	1560							
d	2450	750						
24/11 d	2330	555		580	465			
5/12 s	1260							
o	2650							
17/12 s	1090							
d	1910							
6/1 s	670							
d	1240							
o		140						
12/1 s	530							
d	1086							
29/1 s	120							
d	380							
9/2 d	356			100	16	7.0		
o	330							

o= omrørt prøve

d= dekantert prøve

s= sentrifugert prøve

BILAG 3: Tabell 23/1

Date	KOF mg O/L	BOF mg O/L	Tot-P mg P/L	Ort-P mg P/L	Tot-N mg N/L	Kjen. mg N/L	NH ₄ -N mg N/L	NO ₃ -N mg N/L	SS mg/L	FSS mg/L	Tot. tørst. mg/L	Tot. P.T. mg/l	pH	°C
14/11			170		1330				2500		15900	11400	5,9	
	o													
	d	16400												
	s	13700	135	110					896					7
18/11														
	o													
	d	16300	142						3508	2210	14600	10230	4,7	7
	s	13700	135	115					3245	3030	14900	10640		
20/11														
	o	16300	142						3680	3455	14450	10370	4,7	
	d	11500	122	119					3460	3176	14700	10500		4,5
24/11														
	o	16000	153		1280				3670	3430	14714	10640	4,9	
	d	11300	141	141	910				3580	3350	14660	10600		1,5
	s						32	10						
27/11														
	o													
	d	16100							3720	3450			5,2	2,7
	s	11000							3570	3300				
4/12														
	o	15500	143											
	d	10350	133	120									5,7	1,6
	s													
19/12														
	o													
	d													
	s			110		991	130	1			12850	10700		0

o = omrørt prøve
d = dekantert prøve
s = sentrifugert prøve

Fortst.

Tabell 23/2

Dato	KOF	BOF	Tot-P	Ortt-P	Tot-N	Kjeldahl-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	SS	FSS	Tot tørrst.	Tot F.T.	Toc	pH	°C
13/1 m		8650			1025		230								0
10/2		8900			1120		408	1							0
17/3															0
27/4 d	12700	8250			1080		600	1			↓ Kont. luftning				4,5
3/5 d	12450				1080		575	1							5,0
10/5 d	11740	6000			1080		750	1							7,0
18/5 d	10540				1080			1							9,0
24/5 d	9830	5700			1100		700	1							11,0
31/5 d	9150	5000			1080		850	1							10,0
9/6 d	8280	4000	40 ^x		1140	1020	370	1							11,0
12/6 d	7910														12,5
20/6 d	7560	2200	42 ^x		1060		780	2			7205	3242			14,5
23/6 d	4095														15,0
28/6 d	3275														14,0
30/6															13,0
2/7															13,0
5/7 d	2380	1000													13,0
9/7 d	2260														13,0
11/7 d	2180														13,0
11/7 d	2070	710	47 ^x	42	630	550	380	1							13,0
25/7 d	1550	310	50	50	580	570	430	1	218		5823	950			13,0
25/7 d	1510														13,0

o = omrørt prøve
d = dekantert prøve
s = sentrifugert prøve