

0-

2044

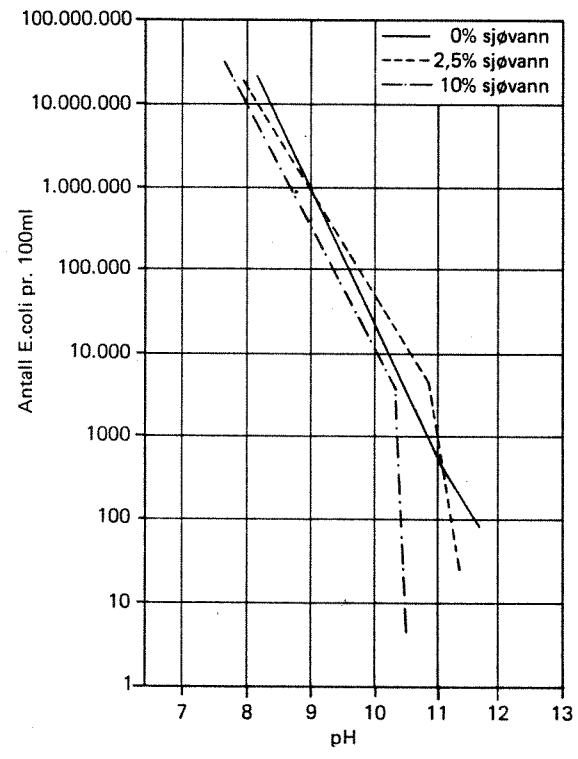
87147

RAPPORT 16/87

0-87147

Bakteriereduksjon ved kjemisk rensing med ulike flokkuleringskjemikalier.

Solumstrand renseanlegg
Drammen kommune



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor

Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen

Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:

0-87 147

Undernummer:

Løpenummer:

2044

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

BAKTERIEREDUKSJON VED ULIKE FELLINGSKJEMIKALIER.
SOLUMSTRAND RENSEANLEGG
DRAMMEN KOMMUNE VA-16/87

Dato:

15. september 1987

Prosjektnummer:

0-87147

Forfatter (e):

Lasse Vråle

Faggruppe:

VA-teknikk

Geografisk område:

Drammen

Antall sider (inkl. bilag):

29

Oppdragsgiver:

Drammen kommune

Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):

Ekstrakt:

Tidligere undersøkelser viser at kjemisk felling med kalk og spesielt kalt og sjøvann, gir en meget god bakteriereduksjon med hensyn på termostabile E. Coli og salmonella, og like bra som med klorering. Bakterieinnholdet med hensyn på E. Coli kan variere mellom ca. 50-1000 pr. 100 ml med kalksjøvannsfelling og ned til ca. 20000 pr. 100 ml med Al og Fe.

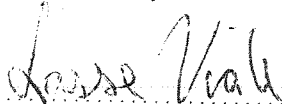
4 emneord, norske:

1. Bakteriereduksjon
2. Kjemisk felling
3. Avløpsvann
4. Renseanlegg
VA-16/87

4 emneord, engelske:

1. Bacterial removal
2. Chemical precipitation
3. Wastewater
4. Treatment plant

Prosjektleder:



Lasse Vråle

For administrasjonen:



Oddvar Lindholm

ISBN - 82-577-1300-7

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Oslo

BAKTERIEREDUKSJON VED ULIKE FELLINGSKJEMIKALIER
SOLUMSTRAND RENSEANLEGG
DRAMMEN KOMMUNE

Oslo, 15. september 1987

Prosjektleder:

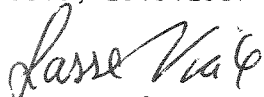
Sivilingeniør Lasse Vråle

FORORD

På bakgrunn av en henvendelse til NIVA fra Tore Askim, Drammen ingeniørvesen, om tilbud på en utredning om bakteriereduksjon ved bruk av ulike fellingskjemikalier i primærfellingsanlegg", sendte NIVA et slikt tilbud datert 10.8.1987. Den 25.8. bestiller Drammen kommune en slik utredning, men arbeidsomfanget som opprinnelig var satt til 40 timer fortsettes skåret ned til det halve. Kostnadstaket er satt til kr 17.500 eks. m.v.a., og samtidig bes det om at rapporten foreligger i løpet av 2 uker som i praksis betyr at den skal sendes som konsept til Drammen kommune i løpet av onsdag 16. september. Drammen kommune er under sterkt press fra forurensnings-myndighetene for å få ferdig sitt nye renseanlegg ved Solumstrand.

Det er begrenset hva man kan få frem på så kort tid, og det er en klar forutsetning at alt arbeidet i denne omgang må baseres på eksisterende undersøkelser. NIVA anser denne oppgaven som meget viktig og ønsker derfor å gjøre sitt for å bidra til fremdriften. Kari Ormerod har utarbeidet en rapport: "Vurdering av rensekrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Hygieniske effekter". En del av stoffet i denne rapporten er basert på Ormerods rapport.

Oslo, 15.9.1987


Lasse Vråle

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side
1. INNLEDNING/PROBLEMSTILLING	4
2. AKTUELLE RENSEPROSESSER OG BAKTERIEREDUKSJON	7
2.1 Aktuelle renseprosesser	7
2.2 De aktuelle måleområdene: rensed vann, slam og renseanleggets inneluft	7
2.3 Indikator på fekal forurensning	8
3. INNHOLD AV TARMBAKTERIER OG SMITTESTOFFER I RENSET AVLØPSVANN	10
3.1 Innledende undersøkelser	10
3.2 Eldre undersøkelser i renseanlegg	11
3.2.1 Råkloakk, ingen rensing	11
3.2.2 Mekanisk rensing - forsedimentering	11
3.2.3 Biologisk aktiv slamprosess og rislefilter	12
3.2.4 Biologiske stabiliseringsdammer og fellings- dammer	13
3.2.5 Kjemiske fellingsanlegg	13
3.2.6 Kloring	13
3.2.7 Samlet oversikt over bakteriereduksjon for de ulike rensemetoder	14
3.3 Spesielle undersøkelser	16
3.3.1 Jartester ved NTH i 1978	16
3.3.2 Jartester med kalksjøvannsfelling ved NIVA i 1977	18
3.3.3 Bakteriereduksjon ved renseanlegget til Buskerud sentralsykehus	20
4. KONKLUSJONER	21
5. REFERANSER	23
VEDLEGG	25

1. INNLEDNING/PROBLEMSTILLING

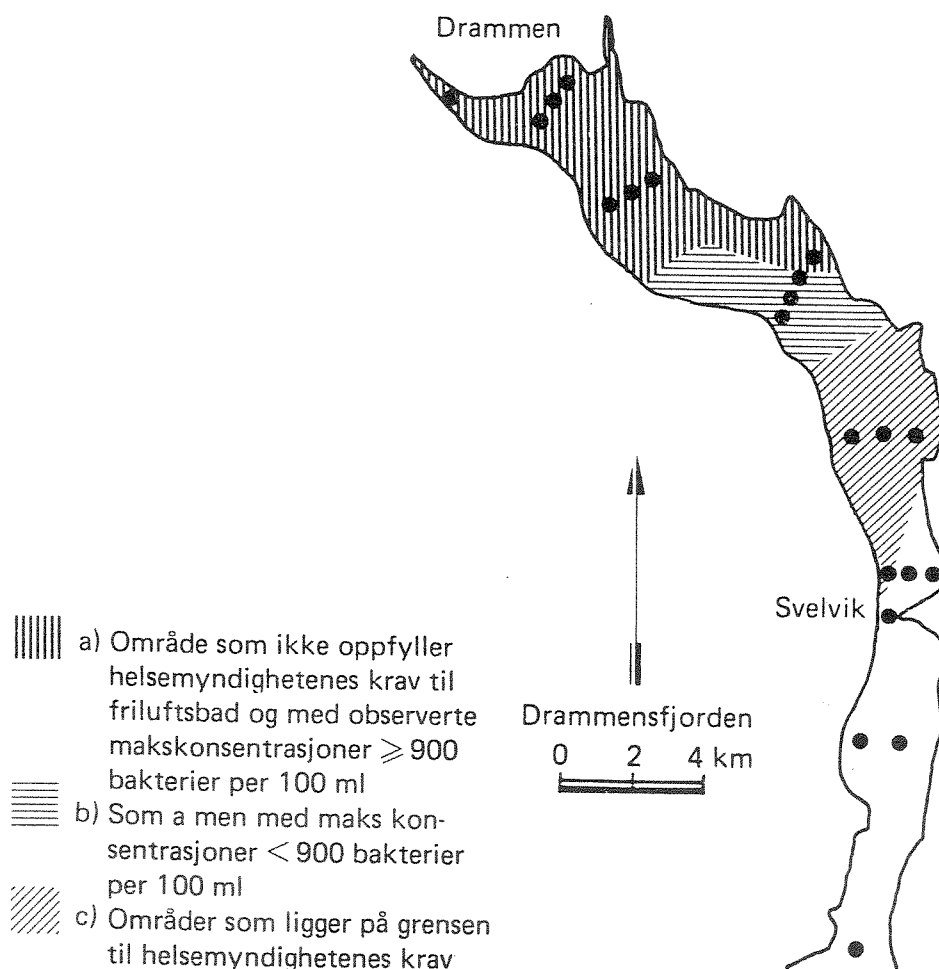
Bakgrunnen for den sterke fokuseringen på bakteriereduksjon ved renseanleggene i Drammen har sitt utspring i at det er påvist høye bakterieinnhold i overflatevannet i Drammensfjorden. En rapport om "Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-1984" inneholder en rekke opplysninger om bakterieforhold i Drammensfjordens overflatelag.

Utslipp av husholdningskloakk kan spores ved analyser på resipientens innhold av termotolerante koliforme bakterier. Dette er bakterier som lever naturlig i menneskers og dyrs tarmsystem og spres med fekalier (ekskremitter). Bakteriene er i seg selv ikke sykdomsfremkallende, men det er vist at høye konsentrasjoner øker risikoen for tilstedeværelse også sykdomsfremkallende bakterier og virus. Helsemyndighetene har satt grenser for forekomst av termotolerante koliforme-bakterier i badevann (SIF 1976).

Det anses som akseptabel vannkvalitet for friluftsbad når geometrisk middelværdi av termotolerante koliforme bakterier ikke overstiger 50 bakterier per 100 ml vann i en prøveserie på minimum 5 ganger innen et tidsrom av 30 dager. Videre skal enkeltprøver med konsentrasjoner over 100 bakterier per 100 ml vann bare forekomme i høyst 10 % av observasjonene. Ved konsentrasjoner over 400 bakterier/100 ml gis advarsel fra en del helseråd.

I Drammensfjorden er det tatt mellom 4-6 observasjoner av termotolerante koliforme-bakterier på ulike stasjoner i perioden mai-august 1982 i overflatelaget (0-2 meters dyp). Analysene er utført ved Byveterinær-kontoret i Drammen og resultatene er presentert i rapporten.

Figur 1 viser hvilke områder i Drammensfjorden der helsemyndighetenes krav til badevann ikke er oppfylt. Det ses at nesten hele fjorden innenfor Svelvik ikke oppfyller kravene.



Figur 1. Områder som ikke oppfyller helsemyndighetenes krav til friluftsbad som følge av forekomst av termotolerante koliforme bakterier.

Termotolerante bakterier som i analysene kan forveksles med tarmbakterier kan også slippes ut fra treforedlingsindustri (Ormerod 1985). Kilden kan først bestemmes ved en tilleggsanalyse av hvilke bakterier det dreier seg om. Orienterende undersøkelser av dette forhold bør derfor gjøres. Termotolerante bakterier fra treforedlingsindustrien har en annen betydning av hygienisk henseende enn de om slippes ut fra husholdningskloakk. Førstnevnte kan gi opphav til luftveis- og urinveissykdommer, men dette er foreløpig ikke påvist i brakkvannsområder (Ormerod 1985). Det må anses at disse bakterier (*Klebsiella*) er et mindre hygienisk problem sammenlignet med utslipp av bakterier fra husholdningskloakk.

Ut fra disse undersøkelsene er det trukket følgende konklusjon:

Fjordens overflatevann oppfyller ikke helsemyndighetenes krav til godt badevann. Konsentrasjonen av termotolerante bakterier var høy i hele Drammensfjorden innenfor Svelvik og spesielt dårlige var forholdene i området innenfor Jordfallbukta. Det bør undersøkes om og eventuelt i hvilken grad treforedlingsindustrien spiller en rolle som kilde for termotolerante bakterier ved siden av kommunalt avløpsvann.

2. AKTUELLE RENSEPROSESSER OG BAKTERIEREDUKSJON

2.1 Aktuelle renseprosesser

Solumstrand renseanlegg skal etter planen bygges ut med kjemisk felling. Uansett om biologiske renseprosesser vurderes i tillegg vil det være fornuftig at den kjemiske renseprosessen bygges som første trinn, altså etter forfellingsprinsippet.

Det er imidlertid viktig at det kjemiske rensetrinnet bygges for så optimal drift som mulig. Primærfellingsalternativet forutsettes lagt til grunn.

NIVA har ikke fått noen nærmere beskrivelse om hvilke fellingsprosesser som er aktuelle, men har foreslått at følgende prosesser er aktuelle:

- 1) kjemisk felling med aluminiumsulfat
- 2) ----- " ----- med jernklorid
- 3) ----- " ----- med kalk
- 4) ----- " ----- med kalk + sjøvann

Det kan tenkes flere kombinasjoner her, men denne rapporten er avhengig av resultatene fra de forsøkene som er utført med tanke på bakterie-reduksjon.

2.2 De aktuelle områdene om renset vann, slam og renseanleggets inneluft

Når det gjelder bakteriereduksjon er det tre områder som er viktige:

- a) Innholdet av bakterier i renset avløpsvann
- b) Innholdet av bakterier i slammet
- c) Innholdet av bakterier i inneluften inne i renseanlegget (arbeidsmiljøet)

I det rensede vannet vil reduksjonen av bakterier være en kombinasjon av partikkel-seperasjon og bakterieavdødning. Her vil de forskjellige fellingsalternativene slå ulikt ut.

Aluminiumsulfat og jernklorid som flokkuleres/utfelles best i pH-området 5.5-6.5 vil hovedsaklig bestå i partikkelseperasjon. Det betyr at bakteriene knyttes til større partikler og overføres til slammet

uten avdødning. For kalkfelling og kalk-sjøvannsfelling som renser best ved $\text{pH} > 11.0$, vil det i tillegg til bakterieseperasjonen også skje en bakteriedødlighet.

Det betyr at for samme partikkelseperasjon (rensegrad) med hensyn på suspendert stoff i det rensede vannet, vil bakteriereduksjonen være større. Det kan derfor påventes høyere bakteriereduksjon i rensed avløpsvann fra prosesser med høy pH som ved kalkfelling.

Sjøvannet spiller en viktig rolle både for å senke kalkdoseringene og øke partikkel-seperasjonen.

Av dette er det logisk å slutte at bakteriereduksjonen i slammet vil bli svært forskjellig for prosesser med lave pH-verdier som jernklorid og aluminiumsulfat og høy-pH-alternativer med kalk. Det foreligger mye opplysninger om dette, men det er ikke rom for å komme inn på dette her.

En annen viktig side er arbeidsmiljøet inne i renseanlegget. Bakteriekoncentrasjonen i aerosolene fra bassengene og luftteprosessene vil også påvirkes av pH-verdien i vannet. Det er påvist lavere bakteriekoncentrasjon i luften fra prosesser med høy pH, men heller ikke det skal belyses nærmere her.

2.3 Indikatorer på fekal forurensning

De mest aktuelle smittestoffer som kan overføres fra vann er slike som forårsaker tarmsykdommer (salmonelloser, bl.a. tyfoidfeber; kolera, diareer forårsaket av virus). For at smittestoffene skal finnes i vannet, må det være tilført fekalier (tarminnhold) fra syke mennesker eller friske smittebærere. De alvorligste av disse sykdommene er ikke vanlige i Nord-Europa (5), derfor er det upraktisk å lete etter smittestoffene i vannet, da de bare sjelden vil være til stede der.

I tarmen hos varmblodige dyr, mennesket inkludert, finnes det alltid en naturlig tarmflora som er en del av vårt fordøyelsessystem (6). Denne skiller ut med fekalier, og kan gjenfinnes i store mengder i resipientvann. En slik bakterie er Escherichia coli. Denne bakterien dominerer vanligvis i antall i fekalier fra mennesker, men beslektede tarmbakterier er også til stede. De kalles som gruppe coliforme-bakterier. Fekale streptococcer finnes også i store mengder. Coliforme-bakterier og fekale streptococcer brukes derfor som indikatorer på fekal forurensning (7). Enkelte coliforme-bakterier finnes også i kultivert jord. For å skille ut de coliforme-bakterier som nylig har hatt tilhold i tarm, benytter man seg av at E. coli har

evnen til å vokse fort ved 44-45 °C, mens de fleste jord-coliformer ikke har denne evnen. De tarm-coliforme-bakterier som vokser ved denne temperatur kalles termotolerante coliforme-bakterier (synonymer; termostabile eller fekale coliforme bakterier, eller E. coli, selv om andre coliforme enn denne blir medbestemt).

Fekale streptococcer overlever lenger i resipientvann en termotolerante coli (7, 8, 9), og er derfor en bedre indikator for smittestoffer med tilsvarende overlevingssevne. Virus har også høy persistens i resipientvann. I enkelte undersøkelser er tarmvirus påvist selv om coliforme-bakterier ikke var til stede (10). Den fekale sterolen coprostanol nedbrytes saktere i kaldt sjøvann enn coliforme-bakterier inaktiveres (11). Coprostanol synes derfor å være bedre egnet som indikator for utbredelse av kloakkvann (7) med tilhørende risiko for virus-smitte, enn de forannevnte bakterielle indikatorer.

3. INNHOLD AV TARMBAKTERIER OG SMITTESTOFFER I RENSSET AVLØPSVANN

3.1 Innledende undersøkelser

Kari Ormerod skriver i 1983:

"Undersøkelser i renseanlegg under full drift har vært utført flere steder rundt om i verden, men bare få undersøkelser foreligger fra de nordiske land. Reduksjon i råkloakkens innhold av termotolerante coliforme-bakterier (TCB), fekale streptococcer og Clostridium perfringens ved bruk av aluminium-, jern- og kalkbasert fellingsmiddel ble utført ved NIVA som del av PRA-prosjekt angående kjemisk rensing av koakkvann i perioden 1971-73. På grunn av manglende finansiering ble resultatene ikke publisert. En svensk undersøkelse i Naturvårdsverkets regi er igang, men resultatene er ennå ikke publisert. En dansk undersøkelse er medtatt i denne rapport (5) likeså en norsk laboratorieundersøkelse angående effekten av forskjellige fellingskjemikalier i den kjemiske renseprosess (3).

De fleste undersøkelser dreier seg om reduksjon i antall indikatorbakterier, men noen har også med reduksjon av smittestoffer."

Den norske laboratorieundersøkelsen fra 1978 som er utført av Ødegaard, Torvaldsen, Storebråten og Skjeftstad (3), innleder med å hevde at renseseffektene for de tradisjonelle forurensningsparameterne (BOF_7) KOF, SS, Tot-P, og Tot-N) er godt kjent ved de ulike rensemetoder, mens bakterie- og virusreduksjon er temmelig usikker. En typisk tabell som er satt opp av Imhoff (4) går igjen i en rekke bøker.

Tabell 1. Bakteriereduksjon i ulike renseprosesser etter Imhoff (4).

RENSEMETODE	BAKTERIEREDUKSJON, %
Finsil	10-20
Sedimentering	25-75
Kjemisk felling	40-80
Biofilter, lavt bel.	90-95
" , høyt bel.	70-90
Aktivslam, lavt bel.	90-95
" , høyt bel.	70-90
Klorering, av råvann	90-95
" , biol. rens. vann	98-99

Denne tabellen må studeres med forsiktighet fordi det viser seg at datagrunnlaget er temmelig tynt. (3) Imhoffs tabell viser overraskende lav bakteriereduksjon og derved tilsvarende høyt innhold av bakterier fra kjemisk felling og indikerer bedre fjerning med biologiske prosesser.

Dette virker overraskende idet det synes klart at bakteriene i stor grad er knyttet til partikler (kolloidale og suspenderte i vannet). I anlegg med ren kjemisk felling vil kolloidalt og suspendert stoff koaguleres og flokkuleres før det separeres fra vannfasen og gir et utløpsvann med svært lavt SS-innhold.

Dette var bakgrunnen for å undersøke bakteriereduksjonen nærmere gjennom laboratorieforsøk.

En litteratursøking som ble gjennomført over sju databaser over emnet: "E-coli-reduksjon ved kloakkrensing", viste som ventet at referansene om emnet var meget fåtallige.

3.2 Eldre undersøkelser i renseanlegg

3.2.1 Råkloakk - ingen rensing

I råkloakk varierer innholdet av termotolerante coliforme bakterier, TCB, stort sett - basert på undersøkelser fra forskjellige land - mellom 10^6 og 10^9 bakterier pr. 100 ml. I en dansk undersøkelse som er referert av Ormerod (1) lå innholdet av Salmonella-bakterier på mellom 0 og 540 bakterier pr. 100 ml i enkeltprøvene av råkloakk.

3.2.2 Mekanisk rensing - forsedimentering

Mekanisk rensing i form av forsedimentering fjerner partikkelbundne mikroorganismer gjennom det slam som sedimenterer. Finsil fjerner likeledes mikroorganismer som sitter i partikler. For fjerning av parasittegg ved forsedimentering er det eggenes egenvekt som er avgjørende. Tunge egg av Ascaris (spolorm) og Diphyllobothrium (menneskets smale bendelorm) vil sedimentere ved mekanisk rensing. Egg

av Taenia saginata (menneskets brede bendelorm) vil derimot følge vannet gjennom anlegget. Mekanisk rensing gir fra 5-20 % reduksjon i TCB og Salmonella (7, 8).

3.2.3 Biologisk aktiv slamprosess og rislefiltene

Denne prosessen fjerner fra 70 til 95 % av de tilførte bakterier, avhengig av belastningsgrad. Protozoer som lever i slammet er spesielt aktive i å fjerne bakterier fra vannmassene. Dette er beskrevet i en oversiktsartikkel av Curds i 1982 (12). Det er ciliatene som er de viktigste i denne sammenheng. Ciliatene spiser ikke selektivt de bakteriene som stammer fra tarminnholdet, men også dem som tar aktiv del i nedbrytningen av organisk stoff. Det er vist at ciliatene fortrinnsvis spiser de bakteriene som befinner seg i vannfasen. De bakteriene som sammen med protozoer, andre organismer og ikke-levende partikler danner fnokker, sedimenterer. En vesentlig forverring av rensesevnen forventes dersom råkloakken tilsettes stoffer som inaktiverer protozoene. Lette parasittegg, f.eks. av Taenia saginata, vil kunne passere gjennom anlegget. Virus kan hekte seg til andre partikler og felles eller spises av f.eks. protozoer, men den resterende mengde passerer anlegget.

Fra målinger ved et aktivslamanlegg i Århus i Danmark ble E-coli-innholdet redusert fra $6.8 \cdot 10^5$ - 3.510^8 på innløpet til $6.8 \cdot 10^3$ - $5.4 \cdot 10^7$ på utløpet, tilsvarende midlere prosentuell reduksjon på 97.2 % (20 observasjoner), (Grunnet, (13)).

Rislefiltene fjerner bakterier i samme grad som aktivslamprosessen, men er mindre effektive i fjerning av virus fra vannfasen (14). De fjerner også amøben E. histolytica effektivt.

Slammet må stabiliseres før det kan deponeres på land. De forskjellige stabiliseringsprosesser inaktiverer de forskjellige smittestoffer i ulik grad. Anaerob gjæring er effektiv i å inaktivere amøben Entamoeba histolytica, men lite effektiv for inaktivering av bendelormegg. Stabiliseringsmetoder som utvikler varme (mer enn 50°C) er de mest effektive i å inaktivere smittestoffer.

3.2.4 Biologiske stabiliseringsdammer og fellingsdammer

Slike dammer har evnen til å redusere bakterieantallet betraktelig, mer enn 99 % for TCB (15). For at dette skal skje, må pH-verdien av vannet i dammene komme over 9.2, og denne pH-verdi er vanlig i biodammer i Norge om sommeren. pH-verdien stiger på grunn av algeoppblomstringer i biodammene. Slike stabiliseringsdammer reduserer også virus bedre enn rislefilter ser ut til å gjøre.

Det er ikke funnet noen publikasjoner som dokumenterer renseeffekt m.h.p. f.eks. E-coli i rene kjemiske fellingsdammer, men det er klart, av det som Parhad og Rao (1974) fant, at kalkfelling (hvor fellingen foregår ved pH=11-12) vil gi god bakteriereduksjon.

3.2.5 Kjemisk fellingsanlegg

En undersøkelse utført ved Skarpsno renseanlegg i Oslo (Mære, 1977 (16), viste $2 \cdot 10^4$ - $8 \cdot 10^6$ E-coli pr. 100 ml på innløpet og $7 \cdot 10^3$ - $2.4 \cdot 10^5$ på utløpet tilsvarende en reduksjon på 98.7 %. Skarpsno er et biologisk/kjemisk renseanlegg etter forfellingsmetoden.

Rubin and Hanna (1968 (17), studerte hvilken koaguleringsmekanisme som lå til grunn for koagulering av E.coli i vann, som er negativt ladet. Av deres resultater går det fram at E.coli i kjemiske fellingsanlegg må antas å bli fjernet ved omslutning av bakteriene i utfelte hydroksydfnokker, den samme mekanisme som må antas å være dominerende ved koagulering av annet kolloidalt materiale i avløpsvann. De fant også at det optimale pH-området for koagulering av E.coli var det samme som ved koagulering av leirmineral o.s.v., d.v.s. ved pH = 6.5 - 7.5 ved aluminiumsfelling.

Danielsson (18), gjorde en studie av Salmonella i kloakkvann og slam fra biologisk/kjemisk renseanlegg basert på forfelling og etterfelling i Sverige. Hun fant at Salmonella reduksjonen var bedre i anlegg med etterfelling enn i de med forfelling. Resultatene indikerte også at Salmonella-fjerningen kan være mer effektiv i små renseanlegg enn i store. Kalkfelling ga 100 % Salmonella-reduksjon.

3.2.6 Kloring

I enkelte land desinfiseres kommunalt avløpsvann ved klorering. Klor er effektiv til inaktivering av bakterier, men er mindre effektiv mot virus og parasitter (5). En artikkel av Y. Kott (19) gir en god oversikt over hva som kan oppnås ved klorering. Det advares imidlertid i samme artikkel mot utstrakt bruk av klorering. Under prosessen

reagerer nemlig klor med organisk stoff i kloakkvannet. Klorerte organiske forbindelser i kloakkvannet er giftige bl.a. overfor fisk i resipienten. Kott rapporterte at gifteffekten avtok dersom avløpsvannet ble de-klorert før utslipp. I dag advares det generelt mot utslipp av klorerte organiske forbindelser.

3.2.7 Samlet oversikt over bakteriereduksjon for de ulike rensemetoder

Selv om den prosentvise renseeffekt m.h.t. smittestoffer og indikatorbakterier er stor for enkelte renseprosesser, vil den gjenværende mengde bakterier og virus kunne være stor nok til at resipientvannet hygieniske kvalitet forringes etter innblanding av slikt avløpsvann.

Ormerod (1) viser eksempler på reduksjon av antall TCB og Salmonella ved forskjellige rensemetoder i tabell 2.

Ormerods (1) konklusjoner fra litteraturstudier vedrørende renseprosessenes evne til bakteriereduksjoner var følgende:

1. Rensing av avløpsvannet reduserer de hygieniske problemer som kan oppstå ved utslipp av kommunalt avløpsvann til sjø, men rensing alene eliminerer ikke problemene. I denne sammenheng synes felling med kalk å være mest effektivt.
2. Innholdet av fekale bakterier og smittestoffer i råkloakk og i avløpsvann etter forskjellige renseprosesser er sammenstilt, basert på opplysninger fra publiserte undersøkelser i inn- og utland. Tarmorganismene fjernes ikke i tilstrekkelig grad fra vannet ved de vanligste renseprosesser, slik at også utslipp av rensed kloakkvann må forventes å medføre forringelse av den hygieniske vannkvalitet rundt utslippsstedet. Kun prosesser som fører til sterk økning av vannets pH-verdi, f.eks. kalkfelling og biodammer om sommeren, eller desinfisering av avløpsvannet, fører

Tabell 2. Reduksjon i antall termotolerante coliforme bakterier og Salmonella ved forskjellige rensemetoder

RENSEMETODE	PROSENT REDUKSJON	ANTALL BAKTERIER PR. 100 ML AVLØPSVANN		
		Termotolerante coliforme bakterier TCB	Danmark (7)	<u>Salmonella</u> U S A (20)
Ingen, råkloakk	0	100.000.000	500	500.000
Finsil	20	80.000.000	400	400.000
Sedimentering	75	25.000.000	125	125.000
Kjemisk felling, Al/Fe	80	20.000.000	100	100.000
Biofilter, høy belastn.	90	10.000.000	50	50.000
Biofilter, lav "	95	5.000.000	25	25.000
Aktivslam, høy belastn.	90	10.000.000	50	50.000
Aktivslam, lav "	95	5.000.000	25	25.000
Klorering av råvann	95	5.000.000	25	25.000
Klorering av biologisk renset vann	99	1.000.000	5	5.000
Kjemisk felling, Ca	99,99	10.000	0,05	50

Reduksjons- prosenten er maksimaltall fra tabell T3, som er gjort gjeldende for både TCB og Salmonella. Mengde Salmonella pr. mengde TCB er tatt fra de angitte publikasjoner i ref.7. og 20. Antall påviste salmonellabakterier pr. antall påviste TCB regnes for Danmark som 1 pr. 10⁶, for USA som 1 pr. 200.

til tilstrekkelig reduksjon av tarmorganismene. Desinfisering med klor er imidlertid ikke tilrådelig p.g.a. dannelse av giftige klororganiske forbindelser.

3.3 Spesielle undersøkelser

3.3.1 Jartester ved NTH i 1978 (3)

For å fremskaffe mer inngående kjennskap til hvordan kjemisk felling påvirker bakteriereduksjonen under kontrollerte forhold, utførte Ødegaard og medarbeidere jartester med aluminiumsulfat, jernklorid, jernsulfat og hydratkalk. Undersøkelsen er nærmere beskrevet i vann (3). Resultatene er presentert i tabell 3 og tabell 4.

Tabell 3. Forsøksresultater, aluminium og jernfelling

FORSØKS- KJØRING NR.	FELLINGS- MIDDEL	DOSE- RING MG/L	pH	RÅVANN E-COLI MPN/ 100 ML	RENSET VANN E-COLI, MPN/100 ML			RENSE- EFFEKT %	ANTALL PRØVER
					LAVESTE	HØYESTE	MIDDEL		
1	Al-sulf.	350	6.5	$918 \cdot 10^6$	$79 \cdot 10^4$	$918 \cdot 10^4$	$322 \cdot 10^4$	99.64	5
2	Al-sulf.	350	6.0	$221 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	$11 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	99.97	6
3	Al-sulf.	350	6.25	$14 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	$40 \cdot 10^4$	$17 \cdot 10^4$	98.86	6
4	Fe-klorid	350	4.5	$130 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^4$	$221 \cdot 10^4$	$83 \cdot 10^4$	99.36	3
5	Fe-klorid	350	5.0	$130 \cdot 10^6$	$34 \cdot 10^4$	$918 \cdot 10^4$	$120 \cdot 10^4$	99.07	3
6	Fe-klorid	350	5.5	$130 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^4$	$130 \cdot 10^4$	$48 \cdot 10^4$	99.63	3
7	Fe-klorid	350	5.0	$172 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	99.99	3
8	Fe-klorid	350	5.5	$172 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	99.99	3
9	Fe-klorid	250	4.25	$348 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	99.99	3
10	Fe-klorid	250	6.8	$348 \cdot 10^6$	$13 \cdot 10^4$	$23 \cdot 10^4$	$17 \cdot 10^4$	99.95	3
11	Fe-klorid	300	4.5	$348 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$3.5 \cdot 10^4$	99.99	3
12	Fe-sulf.	500	8.0	$278 \cdot 10^6$	$79 \cdot 10^4$	$109 \cdot 10^4$	$84 \cdot 10^4$	99.70	3
13	Fe-sulf.	500	8.5	$278 \cdot 10^6$	$109 \cdot 10^4$	$221 \cdot 10^4$	$167 \cdot 10^4$	99.40	3
14	Fe-sulf.	500	9.0	$278 \cdot 10^6$	$49 \cdot 10^4$	$348 \cdot 10^4$	$176 \cdot 10^4$	99.37	3
15	Fe-sulf.	400	8.5	$172 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^4$	$11 \cdot 10^4$	$7.7 \cdot 10^4$	99.96	3
16	Fe-sulf.	400	9.0	$172 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	99.97	3

Tabell 4. Forsøksresultater. Kalkfelling.

DOSERING mgCa (OH) ₂ /l	pH	RÅVANN MPN/100 ml	RENET VANN MPN/100 ml	RENSEEFFEKT %
130	9.0	348·10 ⁶	79·10 ⁶	77.30
250	9.5	---"---	130·10 ⁴	99.62
350	10.0	---"---	33·10 ⁴	99.91
500	11.0	---"---	109·10 ²	> 99.99
600	11.5	---"---	141	> 99.9999
600*	11.5	---"---	22	> 99.99999

* filtrert GF/1

Tabell 3 viser at den prosentuelle reduksjonen ved felling med aluminium og jern har vært langt høyere enn den som oppgis av Imhoff (4), og jevnt over høyere enn 99 %. Både ved aluminiums- og jernklorid-felling synes ikke pH å ha hatt innflytelse på renseeffekten så lenge renseeffekten er god. Kjemikaliedoseringene for aluminium, jernklorid og jernsulfat er meget høye. Ingen av disse tre fellingskjemikaliene viser noen vesentlige innbyrdes forskjell. Gjennomsnittsverdiene for innholdet av tarmbakterier i det rensede vannet for disse tre fellingskjemikaliene varierer mellom 20.000 og 115.000 pr. 100 ml.

Tabell 4 viser resultatene ved kalkfelling og for de begrene hvor det er dosert tilstrekkelig kalk for å komme over pH 11, er E-coli reduksjonen vesentlig bedre enn med jern og aluminium. Ved doseringen på 600 mg kalk/liter og pH 11.5 er rensegraden hele 99.9999 og tarmbakterieinnholdet bare 141 pr. 100 ml som må anses som tilnærmet fullstendig desinfeksjon.

Dette viser en meget kraftig bakteriereduksjon og resultatene er like gode som dem man oppnår med klordesinfeksjon, rapporterer Ødegaard. (3)

3.3.2 Jartesten med kalksjøvannsfelling ved NIVA i 1977

Kalksjøvannsundersøkelsen fra 1977 (21) omfatter en bakteriologisk undersøkelse som viser en meget høy bakteriedødelighet på grunn av den høye pH-vedien i prosessvannet og sjøvannsinnblandingen. Ni av de 36 begrene i jartest-systemet ble analysert på fecal E. coli. Denne undersøkelsen var ikke med i Ormerods (1) vurderinger.

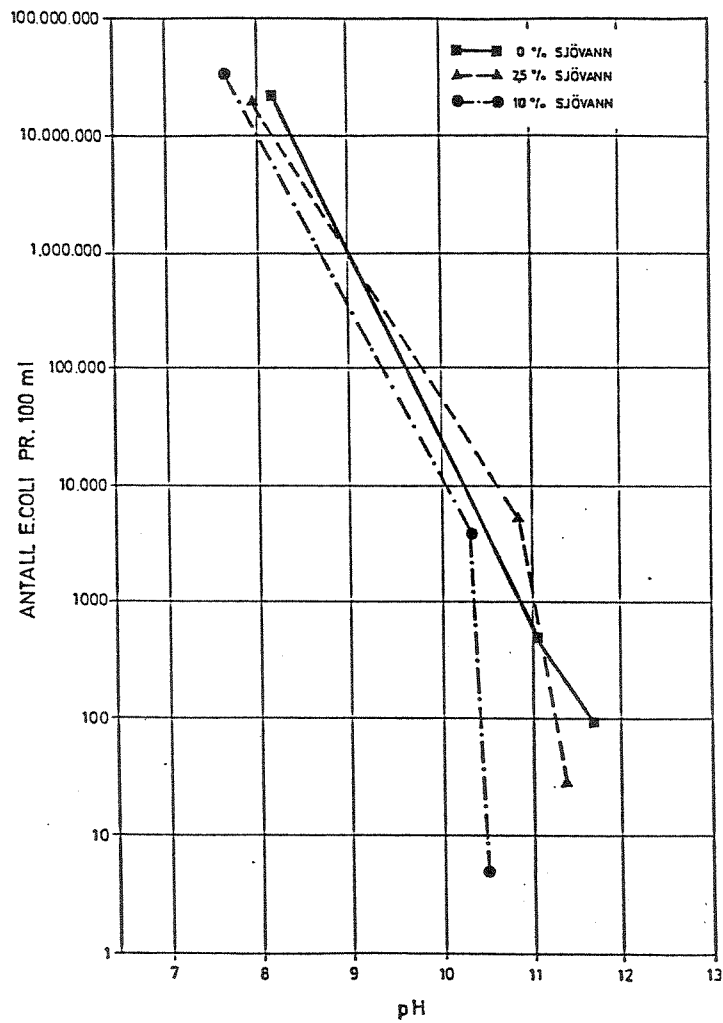
Alle prøvene ble nøytralisert 2 timer etter avsluttet felling før den bakteriologiske undersøkelsen ble utført. Tabell 5 viser resultatene fra undersøkelsen.

Tabell 5. Bakteriologiske undersøkelser av rensed avløpsvann (21)

Prøve nr.	Kalkdos.	Sjøvannsandel	Fecal coli antall/100 ml	pH	
1	0 mg Ca(OH) ₂ /l	0 %	210 x 10 ⁵	8.2	2.1 x 10 ⁷
3	200 - " - " -	"	500	11.1	5 x 10 ²
5	400 - " - " -	"	91	11.7	9.1 x 10 ¹
13	0 - " - " -	2.5 %	190 x 10 ⁵	7.9	1.9 x 10 ⁷
15	200 - " - " -	"	5800	10.8	5.8 x 10 ³
17	400 - " - " -	"	30	11.4	3 x 10 ¹
25	0 - " - " -	10 %	340 x 10 ⁵	7.7	3.4 x 10 ⁷
27	200 - " - " -	"	4 x 10 ⁴	10.3	4 x 10 ⁴
29	400 - " - " -	"	5	10.5	5 x 10 ⁰

Figur 2 viser antall igjenværende bakterier som funksjon av pH i utløpsvannet og sjøvannskonsentrasjon. Høyere pH-verdi gir lavere bakterieinnhold. Prøven med høyest kalkdosering på 400 mg/l og høyest sjøvannsdosering gir høyest bakteriereduksjon. Prøven viser bare 5 fekale E. Coli pr. 100 ml på tross av at pH-verdien bare er 10.6. Prøven med høyest kalkdosering, men uten sjøvann får hele 11.6 i pH-verdi, men har allikevel høyere bakterieinnhold enn prøven med sjøvann og pH 10.6.

Det lave bakterieinnholdet i utløpsvannet kan både skyldes bakteriedødelighet eller bedret partikkelseperasjon. Andre undersøkelser har vist at bakteriene dør hurtig i kalkslammet.



Figur 2. Konsentrasjon av Fekal coli ved kjemisk felling med kalk og sjøvann (21)

Dette viser at kalksjøvannsprosessen gir en meget høy bakteriereduksjon som gratis tilleggseffekt og langt bedre reduksjon, enn de andre fellingskjemikaliene.

3.3.3 Bakteriereduksjon ved renseanlegget til Buskerud sentralsykehus

Det foreligger få opplysninger om bakterieinnholdet i rensset avløpsvann fra fullskalarenseslegg i Norge. En av de få stedene hvor det foreligger slike data av nyere dato er fra renseanlegget til Buskerud Sentralsykehus, utført av Byveterinæren i Drammen. Undersøkelsen er utført i perioden 20.11.85 til 16.6.86 og er vist i vedlegg 1.

Resultatene med kalkfelling viser 0 Termastabile E-coli pr. 100 ml når det benyttes kalkfelling og konsentrasjoner fra ca. 10 til noen tusen pr. 100 ml når aluminium-sulfat benyttes. Aluminium ble bare benyttet en kort periode. Disse resultatene er så overraskende gode at grunnlagsmaterialet bør studeres noe nærmere. En årsak til de gode resultatene kan være at prøvene ikke er nøytralisert straks de er satt til analyse, slik at bakteriene også blir utsatt for høy pH i prøveflaskene. Dette vil øke bakterie-dødligheten i forhold til renseanleggets utløp.

4. KONKLUSJONER

Det foreligger overraskende få analyser av bakterie-innholdet i rensset avløpsvann fra moderne kjemiske fellingsanlegg i fullskala, og det kan være ønskelig å følge opp flere slike anlegg hvis dette skal vurderes nærmere.

Det gjøres oppmerksom på som det står i rapporten på side 8, at bakterieinnholdet i slammet og i aerosolene i inneluften i renseanlegget ikke er vurdert. Det er indikasjoner på at bakteriedødeligheten i aerosolene er høy på grunn av høy pH.

Når det gjelder råslamproduksjonen fra kjemisk felling med de ulike fellingsalternativene, gjør vi oppmerksom på at slamproduktene får svært forskjellige egenskaper, avhengig av fellingskjemikaliene. I denne rapporten er det hovedsaklig lagt vekt på det som skjer i det rensede vannet.

1. Undersøkelser viser at kjemisk felling med kalk over pH 11 og kalksjøvannsfelling over pH 10.6 gir glimrende tarmbakterie-reduksjon (termostabile E. Coli) med renses effekter på 99.9999 % og konsentrasjoner helt ned mot 50 pr. 100 ml.
2. Kalkfelling ga 100 % reduksjon av Salmonella i vannet.
3. Disse renses effektene er en kombinasjon av høy partikkelseperasjon og høy bakteriedødelighet.
4. Den høye pH-verdien ved kalkfelling i vannet er en avgjørende faktor for inaktivisering av smittestoffene, men også sjøvannet har en bakteriedrepende effekt ved kalksjøvannsfellingen.
5. Kalkfellingen synes å ha minst like god desinfiserende virkning som klorering i følge Ødegaard (3) og Ormerod (1).
6. Desinfeksjon ved hjelp av kalkfelling faller rimelig siden det ikke kreves noen tilleggsprosesser. Desinfeksjonen er en bieffekt ved kalkfellingsprosessen som konkurrerer på lik linje med de andre fellingsalternativene. Dessuten advares det generelt mot utslipp av klorerte organiske forbindelser, slik at klorering av avløpsvann ikke er aktuelt i Norge.

7. Bakteriereduksjonene er også gode ved kjemisk felling med aluminiumsulfat og jernklorid sammenlignet med andre rensemetoder. Innholdet av tarmbakterier er imidlertid vesentlig høyere enn ved kalkfelling og vil neppe komme lavere enn ca. 20.000 pr. 100 ml.
8. Bakteriereduksjonen i råslamproduktet fra de tre fellingskjemikalierne aluminium, jern og kalk (kalksjøvannsfelling) vil vise store forskjeller. Undersøkelser har vist svært lave bakterieinnhold i kalkfelt-slam. I slam fra Muusøya renseanlegg i Drammen er det i de siste år ikke påvist salmonella i slammet. Det tas kontrollprøver av salmonella i slammet hver måned.
9. Dette viser at kjemisk felling med kalk gir en vesentlig høyere bakteriereduksjon enn de andre fellingskjemikalierne. Bakterieinnholdet i vannfasen kan komme ned i et antall på 50-200 E.Coli pr. 100 ml vann.

5. REFERANSER

1. Ormerod, K.: Vurdering av renskrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport G. Hygieniske effekter. NIVA O-81006. Desember 1983.
2. Magnsson, I. og Næs, K.: Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-1984. Delrapport 6. Hydrografi, vannkvalitet og vannutskiftning. Statlig program for forurensningsovervåkning. Rapport 243/86. NIVA 8000315.
3. Ødegaard, H., Thorvaldsen, G, Storebråten, B. og Skjefstad, I.: Reduksjon av E. Coli ved kjemisk felling av avløpsvann. Vann 13. årgang Nr. 3, s. 236-241, 1978.
4. Imhoff, K.: "Taschenbuch der Stadtentwässerung". Oldenburg Verlag, München. 23. Auflage 1972.
5. Hellsnes, I.: Kloakkutslipp og helse - er vi årvåkne nok? Hygieniske og helsemessige problemer ved tilførsel av kloakk til vatn, fra et veterinærmedisinsk synspunkt. Vann, 13. årgang Nr. 1, 24-36, 1978.
6. Lassen, I. og Omland, T.: Den normale tarmflora hos mennesket, Vann, 14. årgang Nr. 1B, 1979 p.p. 76-80.
7. Hellesnes, I.: Indikator med hygienisk betydning i vann. Vann, 14. årgang. Nr. 1B, 1979, p.p. 57-75.
8. Bø, G.: Mikrobielle tilhøve i symjebad og kontroll med badevatn. Vann, 14. årgang. Nr. 1B, 1979, p.p. 119-134.
9. Geldreich, E.E. and Kenner, B.A.: Concepts of fecal streptococci in stream pollution. I. Water Pollut. Contrl Fed., 41, R. 336-R 352 (1969).
10. Geldreich, E.E.: Microbiological Criteria Concepts for Coastal Bays Waters. Ocean Management, 3 (1974-1975), 225-248.
11. Berglind, L. og Ormerod, K. 1979: Påvisning av fekale forurensninger i vann. Bakteriologiske og kjemiske indikatorer. NIVA-rapport XK-20, Oslo, sept. 1979 ISBN 82-577-01971.

12. Curds, C.R. and Fey, G.J.: "The effect of ciliated protozoa on the fate on Escherichia coli in the activated sludge process. Water Research, 3, 1969.
13. Grunnet, K.: "Salmonella in sewage and receiving waters". Avhandling FADL's forlag Danmark, 1975.
14. Geldreich, E.E.: Microbiological Criteria concepts for Coastal Bathing Waters. Ocean Managements, 3 (1974-1975), 225-248.
15. Parhad, N.M., and Rao, N.U.: "Effects of pH on survival of Escherichia Coli". Wat. Poll. Contr. Fed. Journ. 46 (5), 1974.
16. Mære, B.: "Sulfittreducerende klostridier i vann". Rapport, Institutt for næringsmiddelhygiene, 1977.
17. Rubin, H.J. and Hanna, G.P.: "Coagulation of the bacterium Escherichia Coli by aluminium nitrate". Environ. Sci. Technol. Vol. 2, nr. 5, May 1968.
18. Danielsson, M.L.: "Salmonella in sewage and sludge". Acta Veterinaria Scandinavica Supplementum 65 AVSPAC 65 1-126 (1977).
19. Kott, Y.: Different quality of chlorinated sewage discharged from sea outfall. Ibid.
20. Stevenson, A.I. Studies of bathing water quality and health. I. Am. Publ. Hlth. Ass. 43. 1953 p. 529.
21. Vråle, L.: "Kjemisk felling med kalk og sjøvann". Delrapport 1. NIVA rapport 0-40/71A, PRA 2.1 Januar 1977.

VEDLEGG



DRIFTSASSISTANSEN

FOR VANN OG AVLØPSANLEGG I BUSKERUD

26

Professor Hallvard Ødegård
Norges Tekniske Høgskole

7034 TRONDHEIM - NTH

DERES REF.

VÅR REF.

DATO:

J.nr. 125/86

20.11.86

JOM/ka

BAKTERIEREDUKSJON AVLØPSRENSSEANLEGG

Vedlagt oversendes til orientering analyseresultater fra renseanlegget til Buskerud sentralsykehus.

Dette er et primærfellingsanlegg dimensjonert for 1800 pe ($50 \text{ m}^3/\text{h}$). Anlegget ble bygget i 1977 og har primært tilknytning av avløpsvann fra sykehuset. Det felles med kalk, men i en periode ble det benyttet Al-sulfat for å løse opp belegget i anlegget. Avløpsvannet har en gjennomsnittlig temperatur på $22 - 24^\circ \text{C}$.

Med hilsen


Jørgen Ove Myrre

Vedlegg: Kopi av analyseresultater



BYVETERINÆREN I DRAMMEN

NÆRINGSMIDDELKONTROLLEN

Landfalløya 26, 3000 Drammen
Tlf. (03) 83 41 30

224 27

Driftsassistansen for vann og avløp
i Buskerud,
Landfalløy 26,
3000 Drammen

Dato: 29.10.86
Vår ref. 462

BAKTERIOLOGISK UNDERSØKELSE AV AVLØPSVANN FRA BUSKERUD SENTRALSYPKEHUS - SLUTTRAPPORT.

Kjøtt og næringsmiddelkontroll i Drammen har i perioden 20.11.85 til 16.6.86 mottatt 22 prøver fra inn- og utløpsvann ved Buskerud Sentralsykehus kloakkrenseanlegg.

I tillegg er det mottatt 16 prøver for undersøkelse av salmonellabakterier.

Termostabile koliforme bakterier er undersøkt etter membranfiltermetoden (NS 4751).

Salmonella er undersøkt ved plassering av tamponger over 2 døgn i inn- og utløpsvann. Laboratorieundersøkelsene er foretatt etter kvalitativ oppformering i selenittbuljong.

Resultater.

Fellingskjemikalium: Aluminiumsulfat.

Pr.dato	Type pr.	Innløp		Utløp	
		Salmonella	T.koli pr. 100 ml.	Salmonella	T.koli pr. 100 ml.
26.11	Avl.vann	Ikke påv.	43 · 10 ⁶	Ikke påv.	20 · 10 ²
27.11	" "	" "	240 · 10 ⁶	" "	1 · 10 ¹
28.11	" "	" "	23 · 10 ⁶	" "	48 · 10 ²
2.12	" "	" "	19 · 10 ⁶	" "	43 · 10 ²
3.12	" "	" "	12 · 10 ⁶	" "	0.2 · 10 ¹
4.12	" "	" "	9 · 10 ⁶	" "	10 · 10 ⁵
3.3	" "	A	190 · 10 ⁶	" "	3.8 · 10 ²
		B	100 · 10 ⁶	" "	1 · 10 ²

Pr.dato	Type pr.	Innløp		Utløp		
		Salmonella	T.koli pr. 100 ml.	Salmonella	T.koli pr. 100 ml.	
4.3	Avl.vann	A	Ikke påv.	570 · 10 ⁶	Ikke påv.	1 · 10 ¹
		B	" "	330 · 10 ⁶	" "	0.6 · 10 ¹
5.3	" "	A	" "	550 · 10 ⁶	" "	0.1 · 10 ¹
		B	" "	560 · 10 ⁶	" "	0
6.3	" "	A	" "	<10 ⁶	" "	0.3 · 10 ¹
		B	" "	<10 ⁶	" "	0.5 · 10 ¹
7.3	" "	A	" "	340 · 10 ⁶	" "	1.2 · 10 ¹
		B	" "	370 · 10 ⁶	" "	1.2 · 10 ¹
10.3	" "	A	" "	340 · 10 ⁶	" "	0.4 · 10 ¹
		B	" "	220 · 10 ¹	" "	0.9 · 10 ¹
28.11	Tampong	"	"	"	"	"
4.12	"	"	"	"	"	"
5.3	"	"	"	"	"	"
10.3	"	"	"	"	"	"

Resultater

195-30 Kmg.

Fellingskjemikalium: Kalk

21.4	Avl.vann	A	Ikke påv.	65 · 10 ⁶	Ikke påv.	0
		B	" "	4.1 · 10 ⁶	" "	0
22.4	" "	A	" "	3.5 · 10 ⁶	" "	0
		B	" "	210 · 10 ⁶	" "	0
23.4	" "	A	" "	2.5 · 10 ⁶	" "	0
		B	" "	4.3 · 10 ⁶	" "	0
24.4	" "	A	" "	1.8 · 10 ⁶	" "	0
		B	" "	2.5 · 10 ⁶	" "	1
25.4	" "	A	" "	-	" "	0
		B	" "	12 · 10 ⁶	" "	0
10.6	" "	A	" "	42 · 10 ⁶	" "	0
		B	" "	5.1 · 10 ⁶	" "	0
12.6	" "	A	" "	170 · 10 ⁶	" "	0
		B	" "	270 · 10 ⁶	" "	0
13.6	" "	A	" "	2.6 · 10 ⁶	" "	0
		B	" "	1.4 · 10 ⁶	" "	0
16.6	" "	A	" "	29 · 10 ⁶	" "	0
		B	" "	19 · 10 ⁶	" "	0
24.4	Tampong	"	"	"	"	"
28.4	"	"	"	"	"	"
13.6	"	"	"	"	"	"
16.6	"	"	"	"	"	"

Ved bruk av aluminiumsulfat som fellingmiddel kan det konstateres en betydelig renseeffekt selv om resultatene i enkelte tilfeller viser store variasjoner.

Det skal likevel bemerkes at selv om renseeffekten synes betryggende, vil overføring av et lite antall patogene bakterier kunne gi opphav til alvorlige infeksjoner.

Salmonellabakterier er ikke påvist i noen av prøvene verken fra inn- eller utløp.

Ved bruk av kalk viser undersøkelsen en renseeffekt av tarmbakterier nær 100%. Dette må tilskrives den høye pH-verdi som oppstår kort tid etter tilsettingen og har meget god drapeseffekt på de aller fleste vegetative bakterieceller og parasitter.

(Effekten på parasittegg er imidlertid noe usikker.)

Samtidig vil virus bli inaktivert.

Konklusjon.

Renseanlegg som ikke overbelastes og som har kjemisk felling som en del av renseprosessen gir svært god reduksjon av tarmbakterier i avløpsvannet.

Undersøkelsen viser at bruk av kalk gir en mer betryggende renseeffekt enn aluminiumsulfat.

Det er vesentlig å merke seg ved vurderingen av utløpsvannets kvalitet at renseanlegget er tilknyttet Buskerud Sentralsykehus. Innholdet av patogener som tilføres renseanlegget vil da være avhengig av den epidemiologiske situasjon på sykehuset.



Arnt Hetland

Avd. veterinær

VA-rapporter utgitt av NIVA

- 1/78 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 1.
C2-31 Kjell Øren. November 1978
- 1/79 Kjemisk felling med kalk og sjøvann. Del 2
C2-34 O-40/71 A Lasse Vråle. Juli 1979
- 2/79 Driftsresultater fra norske simultanfellingsanlegg.
C2-28 Lasse Vråle, Eilen A. Vik. Juli 1979
- 3/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 1
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. November 1979
- 4/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 2
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. September 1979
- 5/79 Sigevann fra søppelfyllplass.
C2-26 Torbjørn Damhaug, Arild Eikum,
Ole Jakob Johansen. August 1979
- 6/79 Vannforurensning fra veg.
O-79024 Eivind Lygren, Egil Gjessing,
John Ferguson. Desember 1979
- 9/79 Primærfelling med ulike fellingskjemikalier
ved Sandvika rensesanlegg.
O-79001 Lasse Vråle. Desember 1979
- 1/80 Bakteriologiske forhold i norske og utenlandske
råvannskilder
O-78029 Jens J. Nygård. Februar 1981
- 2/80 Treatment of Septic Tank Sludge
Research Proposal
F-80413 Arild Eikum. Januar 1980
- 3/80 Industrifyllplass i Arendal-Grimstadregionen
Vurdering av vannforurensning og rensetekniske
tiltak for alternativene Gloseheia og Lundeheia
O-80016 Torbjørn Damhaug, Hans Holtan. Mars 1980
- 4/80 Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging
av PAH-tilførsler til norske vannforekomster
A3-25 Lasse Berglund. Mars 1980
- 5/80 Mobil avvanning av septikslam
Utprøving av septikbil »HAMSTERN»
O-80019 Bjørn-Erik Haugan. November 1980
- 6/80 Tilførringsgrad
Kontroll og kalibrering av vannmålestasjon
ved Mosnerud kloakkrensanlegg. Del 1
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 7/80 Tilførringsgrad
Forurensningstilførsler og beregning av
tilførringsgrad for Mosnerud rensesanlegg i 1979. Del 2
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 8/80 Overløp i avløpsnett
Tilstand i dag og mulige tiltak
C2-32 Eivind Lygren. September 1980
- 9/80 Sikring av vannforsyning i Oslo mot
forurensninger ved uhell eller sabotasje
Vurdering av faremomenter. (Sperret)
O-79084 Egil Gjessing, Jens J. Nygård. September 1980
- 10/80 Important aspects of water treatment in USA
XT-25 Eilen Arctander Vik. Juli 1980
- 11/80 Myrgrøfting, effekt på vannkvalitet
Noen observasjoner fra grøftet myrområde
i Røyken 1971-79
XK-05 Egil Gjessing. September 1980
- 12/80 Driftsundersøkelse av vannbehandlingsanlegg
F-80417 Torbjørn Damhaug. November 1980
- 13/80 Hvirveloverløp
Avskilling av sedimenterbart materiale og
flytestoffer i overløpsvann
O-79090 Eivind Lygren. Desember 1980
- 14/80 Use of UV and H₂O₂ in water and
wastewater treatment
Research Proposal
F-80415 Arild Schanke Eikum. Desember 1980
- 1/81 Treatment of potable water containing humus by
electrolytic addition of aluminium followed by
direct filtration
Research Proposal
F-80415 Eilen Arctander Vik. Januar 1981
- 2/81 Water research in developing countries
A desk survey about planning and ongoing
research projects
O-80028 Svein Stene Johansen. Januar 1981
- 3/81 VA-teknisk forsøkshall Sentralrensanlegg Vest SRV
Notat
Arild Schanke Eikum, Arne Lundar. Februar 1981
- 4/81 Alkalization/hardening of drinking water
Research proposal
G-314 Egil Gjessing. Februar 1981
- 5/81 Tiltak mot forurensning fra fiskeoppdrett
Behandling av vann i resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrett
Forskningsprogram 1981-1984
FP-80802 Arild Schanke Eikum, Eivind Lygren. Mai 1981
- 6/81 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 2
O-80018 Svein Stene Johansen. Mai 1981
- 7/81 Kalking av tilløp til lille Asketjern for fjerning av humus
Innledende forsøk. O-81065 Eilen Arctander Vik. August 1981
- 8/81 Tilførringsgrad for oppsamlingsnett
Status for eksisterende målinger
O-80055 Lasse Vråle. August 1981
- 9/81 A Water Pricing Study for Western Province,
Zambia. Draft !
O-81022 Svein Stene Johansen. September 1981
- 10/81 Fjerning av humus ved H₂O₂ tilsetning
og UV - bestråling
F-80415 Lasse Berglund. Oktober 1981
- 11/81 Treatment of Septic Sludge
European practice
O-80040 Arild Schanke Eikum. November 1981

- 12/81 Silgrainsyre som fellingsmiddel for avløpsvann
Buhrestua renseanlegg. Nesodden
O-80093 Lasse Vråle. Desember 1981
- 13/81 Analyse av vannbehov i husholdninger, næringsvirksomhet
institusjoner og til kommunaltekniske formål
O-78028-01 Svein Stene Johansen, Kim Wedum. Desember 1981
- 1/82 Fjerning av nitrogen fra kommunalt avløpsvann
ved ammoniakkavdrivning
F-81427 Torbjørn Damhaug. Mars 1982
- 2/82 Rensing av sigevann fra søppelfyllplasser
OF-80606 Torbjørn Damhaug. Juni 1982
- 3/82 Hvirvelkammer og hvirveloverløp
Regulering av vannføring og rensing av overløpsvann
O-79090 Eivind Lygren, Kim Wedum. Mai 1982
- 4/82 Avvanning av septikslam i container
O-81104 Bjarne Paulsrud. August 1982
- 5/82 Kalibrering og justering av vannføringsmålere
O-82011 Kim Wedum. Mai 1982
- 6/82 Vurdering av driftsinstruks og driftsforhold
ved renseanlegg rundt Indre Oslofjord
O-82004 Arne Lundar, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 7/82 Styring av kjemikaliedosering ved kjemiske renseanlegg
Erfaringer med bruk av ledningsevne som styringsparameter
O-82025 Torbjørn Damhaug, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 8/82 Strålingskjemisk oksydasjon av organisk stoff i vann
Programforslag. (Sperrert)
F-80415 Kim Wedum. September 1982
- 9/82 Slamstabilisering under høy temperatur ved bruk av rent oksygen
F-81430 Bjørn-Erik Haugen. Oktober 1982
- 10/82 Tørrvæsavsetninger i fellessystemrør
O-82022 Oddvar Lindholm. November 1982
- 11/82 Treatment of septage
European practice
O-80040 Arild Schanke Eikum. Februar 1983
- 1/83 Alkalisering av drikkevann
Delrapport 1 NIVA/SIFF
F-82441 Eilen A. Vik. Mars 1983
- 2/83 Industriavløp på kommunale renseanlegg
Forbehandling av meieriavløp i luftede utjevningsbasseng
Delrapport 1
O-82017 Torbjørn Damhaug. Februar 1983
- 3/83 Samlet optimalisering av avløpsrenseanlegg
og avløpsledningsnett
O-82124 Oddvar Lindholm. Februar 1983
- 4/83 Driftskontrollprogram for galvanoidindustriens renseanlegg
O-79049 Eigil Iversen. Mars 1983
- 6/83 Optimalisering av galvanotekniske industrirenseanlegg
O-82119 Eigil Iversen. Mai 1983
- 7/83 Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert
stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard
juli-oktober 1982
O-82067 Øivind Tryland. Mars 1983
- 8/83 Analyseresultater for avløpsvann fra
Mosjøen Aluminiumverk april-oktober 1982
O-82027 Øivind Tryland. Mars 1983
- 9/83 Vannforurensning ved bruk av kalksalpeter som
støvdempingsmiddel på grusveger
O-81050 Eivind Lygren, Reidun Schei. Juni 1983 (Sperrert)
- 10/83 Funksjonsprøving nr 2 av membran
kammerfilterpresser VEAS Mars 1983
O-82130 Lasse Vråle. Mars 1983
- 11/83 Spillvannstap fra oppsamlingsnett
Delrapport 1
Forurensningsproduksjon fra boligfelt med tett
opsamlingsnett i Sydsbogen, Røyken kommune
O-81041 Lasse Vråle. April 1983
- 12/83 Spillvannstap fra oppsamlingsnett
Delrapport 2
Automatisk overvåking av vannforbruk og lekkasje som
alternativ metode for beregning av tilførsingsgrad.
Resultater fra undersøkelsene ved Sydsbogen,
Buhrestua og Siggerud.
O-81041 Lasse Vråle. Desember 1984
- 13/83 Spillvannstap fra oppsamlingsnett
Delrapport 3
Spillvannstapets resipient påvirkning i Siggerudgryta,
Ski kommune
O-81041 Lasse Vråle. August 1983
- 14/83 Spillvannstap fra oppsamlingsnett
Delrapport 4
Spillvannstapets innvirkning på grunnvannskvalitet.
Buhrestua rensedistrikt, Nesodden kommune.
O-81041 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 15/83 A feasibility study of fishfarming in Jordan
O-83026 Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug. Juni 1983 (Sperrert)
- 16/83 Driftsanalyse av Bekkelaget renseanlegg
O-82005 Bjarne Paulsrud, Kim Wedum. Juni 1983 (Sperrert)
- 17/83 Water Research in Zambia
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 18/83 Water Research in Kenya
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 19/83 Water research in Tanzania
A review of the need for water research
O-83014 Svein Stene Johansen, Torbjørn Damhaug. May 1984
- 20/83 Mikrobiologisk angrep på gummipakninger til vann- og avløpsrør
Programforslag
O-83033 Kim Wedum. Juni 1983 (Sperrert)

- 21/83 **Slamdeponering ved norske mangansmelteverk**
Fysisk-kjemisk karakterisering av drenevann og virkninger av drenevann på biologiske forhold i resipienten
O-80058 Øivind Tryland, Harry Efraimssen. April 1983
- 22/83 **Sandstangen vannverk**
O-83079 Eilen A. Vik. Juni 1983 (Sperrret)
- 23/83 **Erfaringer med mottak av septikslam på kommunale renseanlegg**
O-82037 Bjarne Paulsrud. Juli 1983
- 24/83 **Miljøgifter i overvann**
O-83063 Oddvar Lindholm. August 1983
- 25/83 **Arealfordeling av korttidsnedbør**
O-83005, F-83450 Oddvar Lindholm. Oktober 1983
- 26/83 **Urbanhydrologi i Sverige**
En litteraturstudie
O-83092 Oddvar Lindholm. November 1983
- 27/83 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**
Fase II
O-82111 Oddvar Lindholm, November 1983
- 28/83 **Bruk av rent oksygen for luktreduksjon ved renseanlegg R-2, Lillehammer**
O-82083 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan. November 1983
- 29/83 **Avsluttende funksjonsprøve for membran-filterpresser ved VEAS, oktober-november 1983**
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. November 1983 (Sperrret)
- 30/83 **Emerging European Wastewater Treatment Technology Preliminary Description**
O-83150 Arild Schanke Eikum. Desember 1983 (Sperrret)
- 31/83 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**
Mikrobiell nedbrytning av klorert organisk materiale i blekeriløpsvann
F-81434 Øivind Tryland, Harry Efraimssen. Desember 1983
- 32/83 **Suspensjoners synkehastighet**
Metode for analyse av finfordelte partiklers synkehastighet i vann
F-81434 Øivind Tryland. Desember 1983
- 33/83 **Silgrainsyre som fellingsmiddel ved SRV, VEAS Slemmestad**
O-82102 Lasse Vråle, P. Sagberg. Desember 1983. (Sperrret)
- 1/84 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**
O-82017 Torbjørn Damhaug. Januar 1984
- 2/84 **Luftet lagene for rensing av sigevann**
Delrapport 1. Driftserfaringer
O-83027 Ragnar Storhaug. Februar 1984
- 3/84 **Highway pollution in a Nordic Climate**
O-79024 Eivind Lygren. Mars 1984
- 4/84 **An evaluation of large-scale algal cultivation systems for fish feed production**
O-84002 Torbjørn Damhaug et al. Februar 1984 (Sperrret)
- 5/84 **Matematisk modell av avløpsrenseanlegg**
O-82124/F-83448 Oddvar Lindholm. Februar 1984
- 6/84 **Adsorption in Water Treatment**
Fluoride Removal
FP-83828 Eilen A. Vik. Februar 1984
- 7/84 **Analyse av vannføringsdata**
O-81113 Kim Wedum. Januar 1984
- 8/84 **Renseeffekt i Heistad renseanlegg med og uten tilkopling av industrielt avløpsvann**
O-83093 Øivind Tryland. April 1984
- 9/84 **Hygienisering av slam ved bruk av rent oksygen**
F-81430 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan, Gunnar Langeland. Juli 1984
- 10/84 **Slamavvanning med filterpresser ved SRV**
Økonomisk sammenligning av Lasta membran-filterpresser og Rittershaus & Blecher kammerfilterpresser
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. Mai 1984 (Sperrret)
- 11/84 **Separat behandling av slamvann fra avvanning av septikslam**
Biologisk rensing ved bruk av aktivslam
O-83021 Ragnar Storhaug. Juni 1984
- 12/84 **Industriutslipp til vassdrag**
Avveininger for å beskytte resipienten, eksempel fra en tekstilbedrift
OF-81618 Bjørn-Erik Haugan, Kim Wedum. April 1984 (Sperrret)
- 13/84 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**
Virkning av peroksyd og UV-bestråling på klororganisk materiale og farge i celluloseblekeriers avløpsvann
F-81434 Øivind Tryland. Mai 1984
- 14/84 **Driftsassistanse**
Vannrenseanlegg, ÅSV A/S Fundo Aluminium
O-83141 Eigil Iversen, Torbjørn Damhaug. Juni 1984
- 15/84 **Ammonium som forureningsparameter**
O-83035 Kim Wedum. August 1984
- 16/84 **Driftsoppfølging av Biovac renseanlegg for helårsbolig**
O-82101 Bjarne Paulsrud. September 1984
- 17/84 **Kalkfelling på små renseanlegg**
O-83067 Ragnar Storhaug. Oktober 1984
- 18/84 **Hygienisering av slam ved lufttilførsel (Janca-prosessen)**
O-84050 Bjarne Paulsrud, Gunnar Langeland. September 1984
- 19/84 **Utvikling av lukket mærkonstruksjon.**
Prosessløsning og optimalisering
O-84091 Kjell Maroni, Eivind Lygren, Bjørn Braaten. Oktober 1984. (Sperrret)
- 20/84 **Forureningsproduksjon fra husholdning**
Halvårlig sommerundersøkelse fra Sydskogen i 1983, Røyken kommune.
F-83451 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 21/84 **Luftet lagene for rensing av sigevann**
O-83027 Ragnar Storhaug. April 1985
- 22/84 **Avløpsvannmengder tilført påslippene ved SRV i 1983 og 1984**
O-83090 Lasse Vråle. April 1985

- 1/85 **Spesifikk forurensningsproduksjon fra husholdning**
Enkel litteraturstudie
O-84131-01 Lasse Vråle. Mars 1985
- 2/85 **Kritisk analyse av spesifikke forurensningsmålinger**
O-84131-02 Lasse Vråle. Mars 1985
- 3/85 **Treatment of leachate in aerated lagoons**
Lab-scale study
O-84022 Ragnar Storhaug. Juli 1985
- 4/85 **Fiskeoppdrett på Granerudstøa, Nesodden**
O-85233 Bjørn Braaten, Torbjørn Damhaug. Juni 1985
- 5/85 **Oppdrett av ferskvannskreps ved Mesna Bruk A/S**
Forprosjekt
O-85126 Sigurd Røgnerud, Stellan Karlson
Torbjørn Damhaug, Gösta Kjellberg. August 1985
- 6/85 **Driftsassistanse - Vannrenseanlegg ved Steens Fornikling A/S**
O-84157 Øivind Tryland. August 1985
- 7/85 **Spillvarmebasert akvakulturanlegg i Tyssedal**
Forprosjekt
O-85226 Kjell Maroni, Erlend Waatevik. September 1985 (Sperrert)
- 8/85 **Driftsassistanse - Avløpsledning**
Høvik Lys A/S
O-85221 Øivind Tryland, Eigil Iversen,
Åse K. Rogne. August 1985
- 9/85 **Teknologi og miljø i oppdrettsnæring**
O-84159/O-84160 Kjell Maroni. Januar 1985
- 10/85 **Rensing av blyholdig avløpsvann.**
Undersøkelser ved Sønnak Batterier A/S
O-85222 Eigil Iversen, Øivind Tryland. September 1985
- 11/85 **Spillvarmebasert oppdrettsanlegg i tilknytning**
til Sauda Smelteverk A/S
O-84167 Kjell Maroni. April 1985 (Sperrert)
- 12/85 **Overføring av avløpsvann fra Bekkelaget rensedistrikt**
til Sentralrenseanlegg Vest, SRV.
Noen vurderinger av VA-tekniske konsekvenser
O-85147 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 14/85 **Vann- og avløpstekniske løsninger for Helleberg hytteområde**
Nordstul, Store-Ble, Notodden kommune
O-85292 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 15/85 **Fremdriftsrapport for Frogn Vannverk**
Perioden juni-oktober 1985
O-85211 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 17/85 **Landbasert fiskeoppdrettsanlegg i Grimstad**
O-85262/Kristoffer Næs, Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug,
Kjell Maroni, Bjørn Braaten. November 1985 (Sperrert)

WA rapporter utgitt av NIVA

- 1/86 NIVANETT på mikrodatamaskin
O-85207 Oddvar Lindholm. Januar 1986
- 2/86 Utvikling av resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrettsanlegg
O-81068 Eivind Lygren, Kjell Maroni. April 1986
- 3/86 Avfall fra skip på norske strender
O-85174 Tor Moxnes. Mars 1986
- 4/86 Driftsundersøkelse av sølvvarefabrikkers renseanlegg
O-82108 Eigil Iversen. Februar 1986
- 6/86 Minivannverk - forsøk i full skala med prototyp
O-84114 Tor Moxnes. Mai 1986
- 7/86 Sanitærbidrag fra yrkesaktive i Ringbygget
O-85255 Lasse Vråle. Mai 1986
- 8/86 Virkning av dynamisk regn på hydrogram
O-86037 Oddvar Lindholm. Juni 1986
- 9/86 Driftserfaringer fra kalkdoseringsanlegg i vannverk
O-86092 Jens Arne Ohren. Juni 1986
- 10/86 Driftsundersøkelse av VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann
O-86068 Jens Arne Ohren. Oktober 1986
- 11/86 Følsomhetsanalyse for parametre i avløpsnettberegninger. Fase I
O-86012 Oddvar G. Lindholm. Oktober 1986
- 12/86 Sanitærbidrag fra yrkesaktive i Bosch bygget Øppegård kommune
O-86091 Lasse Vråle. November 1986
- 13/86 Bestemmelse av tilføringsgrad
O-86195 Lasse Vråle. November 1986
- 14/86 Heterotrofe mikroorganismer i ledningsnett for drikkevann
F-86635 Kari Ormerod. Januar 1987
- 15/86 Driftserfaringer for hvirveloverløp
O-85209, E-86638 Ole Jakob Johansen. Desember 1986
- 16/86 Vannkvalitet Vansjø vannverk
O-85075 Jens Arne Ohren. Desember 1986.
- 17/86 Evaluering av ABW-filter
O-86191 Jens Arne Ohren. Desember 1986
- 18/86 VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann.
Renseeffekter for alger, algetoksiner og andre vannkvalitetsparametre
O-86068 Jens Arne Ohren. Desember 1986
- 1/87 Overløpsforurensninger
Teoretiske beregninger
O-85285, O-86638 Oddvar G. Lindholm. Januar 1987
- 2/87 Testing av pH og oksygenmålere.
Delrapport 1. Test av pHOX og oksygenmålere
O-86167 Tor Sukke. Februar 1987. Sperret
- 3/87 Akvakulturmuligheter i Lilleelv.
O-86168 Arne Lande. Desember 1986. Sperret
- 4/87 Desinfeksjon av vann i oppdrettsnæringen
O-86148 Helge Liltved. Februar 1987
- 5/87 Optimalisering av kalksjøvannsfelling
Undersøkelse ved NIVAs laboratorie i Oslo og ved SRV
O-85251, E-86645 Lasse Vråle, Hans Kristiansen. Mars 1987-
- 6/87 Forurensningsmodell for avløpsvann fra boliger
Bestemmelse av spesifikke tall
O-86121, O-87029 Lasse Vråle. Mars 1987
- 7/87 Avløpsnettberegninger med EDB
O-86012 Oddvar Lindholm. April 1987
- 9/87 Fagerstrand Vannverk
Tiltak mot manganutfelling
O-87081 Hans Kristiansen. Juni 1987
- 10/87 Levetid for asbestement-rør
Framdriftsrapport og generelle grunnlagsdata.
Prosjektrapport nr.1.
O-85208, E-85534 Lars Aaby. August 1987
- 11/87 Pilotforsøk med karbonatisering, filtrering og direktefiltrering ved Skullerud vannanlegg.
O-86256 Jens Arne Ohren. Juni 1987
- 12/87 Kartlegging av forurensningsveier til avisingsvæske brukt på fly.
O-86240 Tor Moxnes. August 1987. Sperret.
- 14/87 Innledende utprøving av Petrofiber for filtrering av vann
O-86198 Jens Arne Ohren. Juni 1987. Sperret.
- 15/87 Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Rossfjordvassdraget.
O-86124 Hans Holtan. Juli 1987
- 16/87 Bakteriereduksjon ved kjemisk rensing med ulike flokkuleringskjemikalier.
Solumstrand renseanlegg.
O-87147 Lasse Vråle. September 1987
- 17/87 Forsøk med kalkbereder i kalkdoseringsanlegg
O-87016 Jens Arne Ohren. September 1987