

# En driftsundersøkelse av Lesja renseanlegg etter rehabilitering

Av Hallvard Ødegaard, Sven Bjørnson og Turid Ødegaard

Hallvard Ødegaard er professor ved NTH (siv.ing. NTH 1969 og dr.ing. samme sted 1975).

Sven Bjørnson er siv.ing. NTH 1984 og er nå tilknyttet NHL som sivilarbeider.

Turid Ødegaard er siv.ing. NTH 1983, og arbeider nå ved Prosjektering A/S.

## 1. Innledning.

Det har vært tradisjon at studenter i Renseteknikk ved NTH har gjennomført en praktisk øving i form av en driftsundersøkelse på et renseanlegg. Dette ble i år kombinert med et NTNf-prosjekt som omhandler innhenting av erfaringer fra renseanlegg som er bygget med dykket biologisk filter. Driftsundersøkelsen ble utført ved Lesja kloakkrenseanlegg i mars 1987. Prosjektet ble således gjennomført som et samarbeid mellom Lesja kommune, NTNf's Program for VAR-teknikk, Vannrensegruppa ved NHL og Institutt for vassbygging, NTH.

Driftsundersøkelsen ble gjennomført ved at 3 studentgrupper oppholdt seg hver 2 dager ved renseanlegget og tok prøver for å kartlegge driften av anlegget. Prøvene ble analysert ved Institutt for vassbyggingslaboratorium. Feltp prøvene analyserte studentene selv ved anlegget.

Anlegget var nettopp ombygget, og man må derfor betrakte driftsundersøkelsen som en innkjøringsundersøkelse hvor målsettingen bl.a. var å finne fram til hvordan anlegget burde kjøres optimalt.

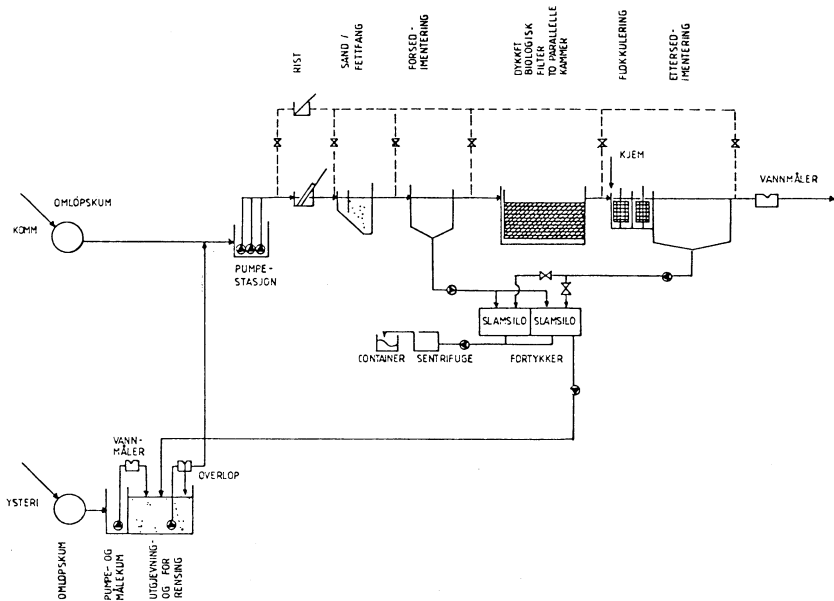
Lesja renseanlegg behandler foruten kommunalt avløpsvann fra tettstedet Lesja også avløpet fra A/L Østlandsmeierier på Lesja.

Det ble gitt utslippstillatelse for 1500 personekvivalenter basert på biologisk/kjemisk rensing i 1978, og et renseanlegg basert på etterfelling med biorotor ble igangsatt i 1979. Det ble imidlertid store problemer med driften av anlegget, noe som kulminerte med at biorotoren havarerte som en følge av akselbrudd.

Prosjektering A/S utredet så alternative ombygninger av anlegget og anbefalte at det burde ombygges til å drives med dykket biologisk filter med etterfelling, og med mulighet for forfelling. Man foreslo også noen relativt utradisjonelle løsninger, ved at man ville prøve å nyttiggjøre seg utjevningsbassenget som biologisk forbehandling. Dette gjøres ved å pumpe slam fra slamsiloen tilbake til utjevningsbassenget for meierivann.

Målet med driftsundersøkelsen var således å finne ut hvilke driftsbetingelser anlegget bør operere under, for å gi optimalt renseresultat. Spesielt var man interessert i å underøke følgende forhold:

- a) Variasjon i mengde og sammensetning av tilløpene.
- b) Fellingsbetingelser for etterfellingen.
- c) Hvordan slamsiloene bør drives.



Figur 1. Flyteskjema for Lesja rensenanlegg.

- d) Hvordan slamreturen til utjevningsbassenget bør drives.
- e) Hvordan overløpsinnstillingen fra utjevningsbassenget bør være.

## 2. Beskrivelse av anlegget.

Flyteskjema for anlegget slik som det er etter ombyggingen, er vist i fig. 1.

Det kommunale avløpsvannet tilføres en innløppspumpestasjon. Til denne pumpestasjonen tilføres også vann fra ysteriet som først har passert et utjevningsbasseng. Til dette utjevningsbassenget tilføres også slam fra slamsiloene på rensenanlegget. I og med at utjevningsbassenget er luftet, og at det alltid er et minstevolum av vann her vil utjevningsbassenget virke som en luftetank for aktivslam. Det vannet som

føres videre fra utjevningsbassenget til innløppspumpestasjonen, inneholder således både meierivann og en slamsuspensjon. I innløppspumpestasjonen blandes meierivannet og det kommunale vannet. Etter behandling og forsedimentering ledes vannet til et dykket biologisk filter i to trinn. Dette biologiske filteret er bygget i det gamle biorotorbassenget. Det er imidlertid laget større bassengdybde slik at dybden nå er ca. 3 m. Fra biofilteret føres vannet via flokkuleringsbasseng, hvor det tilføres jernklorid, til et ettersedimenteringsbasseng. Slammet fra forsedimenteringsbassenget og ettersedimenteringsbassenget ledes til et system av to slamsiloer som er luftede. Slamsiloene virker samtidig som fortykkere ved at luften i den ene slås av før avvanning i sentrifuge. Fra slamsiloen

pumpes slag i retur til utjevningsbassenget for ysteriavløpet, som tidligere omtalt.

Anlegget opererte slik som angitt på flyteskjemaet da driftsundersøkelsen ble gjennomført. Det er imidlertid også mulig å drive anlegget med forfelling ved tilsetning av kjemikalier i sandfanget.

### 3. Gjennomføring av driftsundersøkelsen.

Driftsundersøkelsen ble lagt opp med analyser på stedet kombinert med prøvetaking for analyse ved Institutt for vassbygging sitt laboratorium i Trondheim. Hver studentgruppe (3—4 studenter) hadde i tillegg til de generelle analyser og prøvetaking, spesielle problemer de skulle vurdere nærmere. Således skulle man prøve å kartlegge optimal dosering og fellings-pH i etterfellingssteget og vurdere korrekte returslammengder og overløpsinnstilling i utjevningsbassenget. I og med at man stadig gjorde erfaringer underveis, var ikke forholdene like de 3 dagene driftsundersøkelsen foregikk. Bl.a. varierte man doseringsmengdene i etterfellingen. Det var dessuten slik at ysteripumpa sto delvis i løpet av den første prøvetakingsdagen (for den første gruppen).

Slamreturen til utjevningsbassenget var også forskjellig i de 3 prøveperiodene. I den første og den siste perioden hadde man slamretur på 6 m<sup>3</sup>/d, h.h.v. manuelt pumpet om morgenen og fordelt over døgnet (pumping hver 3. time). I periode 2 pumpet man automatisk hvert 2. minutt, noe som ga adskillig større slamretur.

På anlegget ble det målt pH, O<sub>2</sub>-innhold, siktedyp og vann- og slammengder samt tatt stikkprøver og enkelte døgnpøver. Prøvene ble analyserte med hensyn på

KOF (ufiltrert og filtrert,) total fosfor og ortofosfat. I døgnpøvene ble dessuten suspendert stoff og nitrogen analysert.

### 4. Karakterisering av avløpsvannet.

Når man skal vurdere driften ved Lesja renseanlegg, er det svært viktig å være klar over at anlegget først og fremst er et industrirenseanlegg. Ysteriavløpet utgjør en meget stor andel av den totale belastning. Dette framgår av fig. 2 som viser innholdet av ufiltrert KOF i de 3 ulike prøvedøgn slik denne varierte i stikkprøvene fra kl. 0800—1400. På denne figuren er også lagt inn variasjon i samme tidsrom for sammensetningen med hensyn til KOF-ufiltrert av det kommunale vannet.

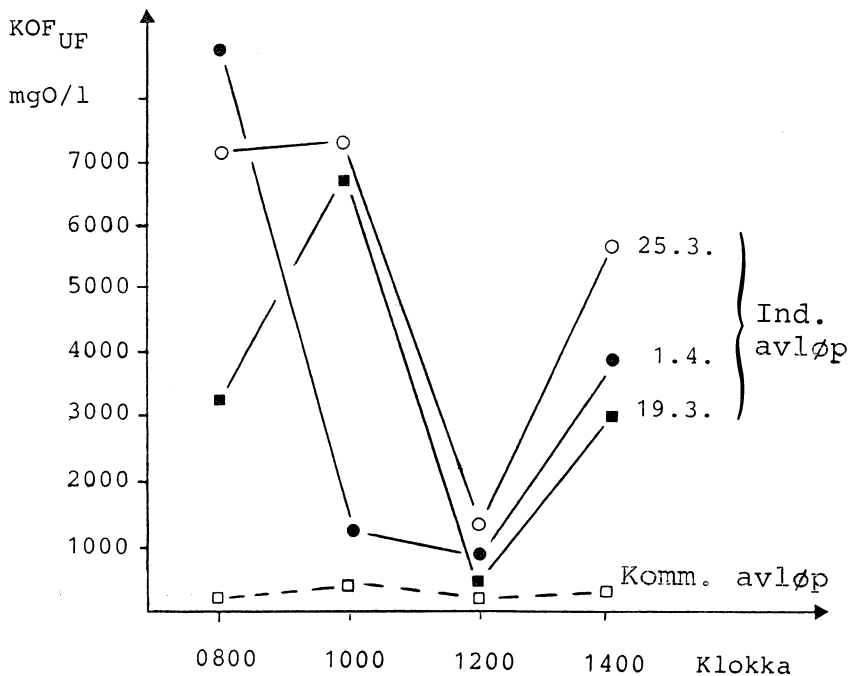
Av denne figuren fremgår følgende:

- Meieriavløpsvannet varierer svært mye i sammensetning.
- Meierivannet er tildels meget konsentrert med flere analyser i området fra 5000—9000 mg O/l.
- Det synes som om det er et lavt innhold av organisk stoff ca. kl. 1200, noe som kan ha sammenheng med driften av ysteriet. Utover ettermiddagen synes konsentrasjonen igjen å stige.

Tabell 1. Midlere dagkonsentrasjoner i meieri- og kommunalavløp.

	Meieri	Kommunal
KOF <sub>UF</sub>	4012	266
KOF <sub>F</sub>	2120	93
TOT <sub>P</sub>	55,2	10,8
PO <sub>4</sub> -P	30,2	4,9
SS	640	90

Alle konsentrasjoner i mg/l.

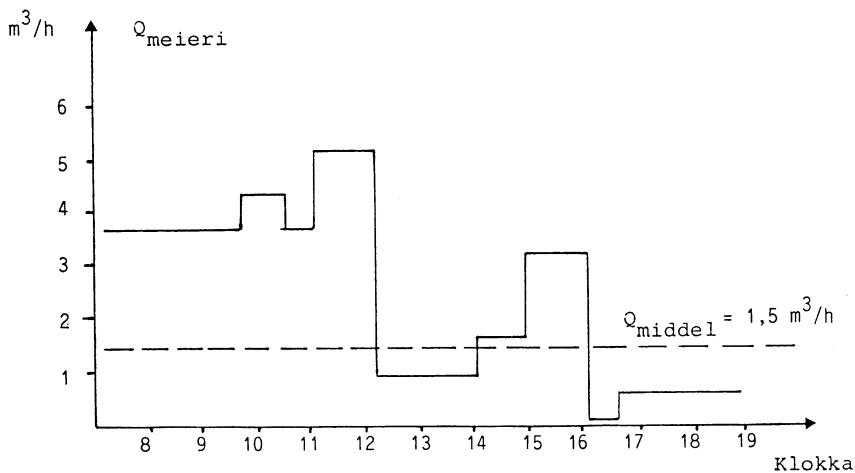


Figur 2. Variasjonen i organisk stoff fra meieri og kommune.

Forholdet mellom industriavløpet og kommunalavløpet er også anskueliggjort i tabell 1, som viser sammensetningen med hensyn til organisk stoff, fosfor og suspendert stoff i meieriavløpet og kommunalavløpet i løpet av dagen. De angitte tall viser middelet av samtlige analyser for de 3 prøveperioder på de angitte tidspunkt. Det fremgår her at meieriavløpet er svært konsentrert i forhold til det kommunale avløp. Det gjelder ikke bare med hensyn til organisk stoff, men også med hensyn til fosfor og suspendert stoff. Det er forøvrig verdt å merke seg at bortimot 50% av det organiske stoffet i ysteriavløpet forekommer på partikulær form, og at en enda større andel av det organiske stoffet i de kommunale avløpene gjør det.

Avløpet fra ysteriet varierer også mye med hensyn til pH. Det er ikke uvanlig at pH på ysteriinnløpet varierer fra 4—12 enkelte dager.

Ysteriavløpet varierer også mye med hensyn til vannmengde. Dette er fremstilt i fig. 3 som viser timevariasjonen over arbeidsdagen den 1. april mellom kl. 0730 og 1830 om ettermiddagen. Det fremgår at mens døgnmiddelet er på ca. 1,5 m<sup>3</sup>/t, varierer vannmengden denne dagen fra ca. 5 m<sup>3</sup>/t til tilnærmet 0. Mengden av ysteriavløp varierer fra ca. 25—45 m<sup>3</sup>/døgn, men ligger som regel rundt 35 m<sup>3</sup>/døgn. Fra døgn til døgn er variasjonene ikke så store som de er fra time til time over døgnet.



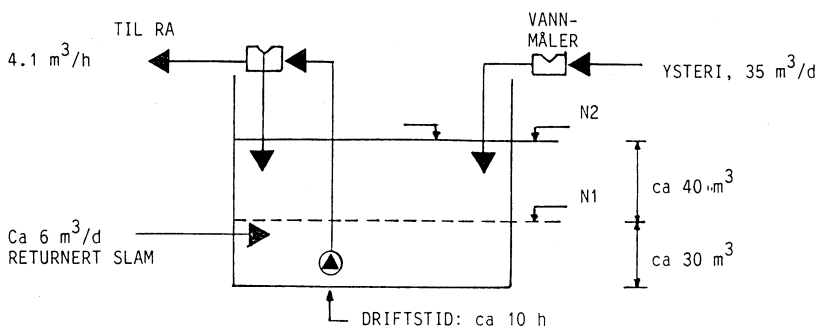
Figur 3. Eksempel på timevariasjon av vannmengden over døgnet.

### 5. Utjevningsbassenget.

Det blir altså helt sentralt å kunne utjevne variasjonene i avløpet for å kunne behandle dette vannet. Ved dette renseanlegget er det derfor lagt opp til en spesiell form for utjevning. Prinsippskisse for utjevningsbassenget er vist i fig. 4. Driften av utjevningsbassenget ble tillagt spesiell vekt i forbindelse med driftsunder-

søkelsen. Utjevningsbassenget har to funksjoner:

1. Å utjevne hydrauliske og organiske belastninger over døgnet.
2. Å fungere som luftebasseng for en aktiv-slamprosess som skal for-rene vannet fra ysteriet.



Figur 4. Prinsippskisse av utjevningsbassenget.

Utjevningsbassengets totale volum er ca. 70 m<sup>3</sup> med et overflateareal på ca. 20 m<sup>2</sup>. Nivåvippe for innslag av pumpa er ved ca. 1,5 meters dybde. Det betyr at ca. 30 m<sup>3</sup> volum alltid er fylt med vann. De resterende 40 m<sup>3</sup> vil da være disponible for hydraulisk utjevning. Ved nivå 2 starter pumpa og pumper vann inn på renseanlegget via overløpet, som er innstilt for å viderebefordre en vannmengde på ca. 1,2 l/s (4,1 m<sup>3</sup>/t). Resten av den opppumpede vannmengden går i retur tilbake til utjevningsbassenget. Pumpa stopper å gå når den har nådd nivå N1. I tillegg til ysterivannmengden som tilføres utjevningsbassenget med ca. 35 m<sup>3</sup>/døgn, tilføres også slam fra slamsiloen i en mengde på ca. 6 m<sup>3</sup>/døgn. Utjevningsbassenget er lufttet.

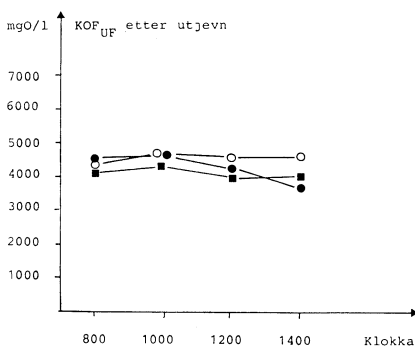
Målet er at nivået i utjevningsbassenget skal ligge litt over N1 når ysteriproduksjonen starter om morgenen. Ved normale forhold vil man da nå nivået N2 tidlig på formiddagen, og pumpa starter. Med riktig innstilling på overløpet bør pumpa gå i 10–15 timer før nivået igjen er nede på N2, og pumpa stopper.

Under driftsundersøkelsen så det ut til at dette fungerte tilfredsstillende selv om det ville vært ønskelig med en litt lengre driftstid på pumpa som gikk ca. 8–10 timer pr. dag.

Når det gjelder utjevningsbassengets funksjon, er det like viktig at den utjevner variasjonene i sammensetning som at den utjevner variasjonene i vannmengde. I fig. 5 er vist variasjonen i KOF<sub>UF</sub> filtrert etter utjevning i de enkelte stikkprøvene i de 3 prøvedøgnene. Som det fremgår, er utjevningen meget god. Figuren må sammenlignes med tilsvarende variasjon på innløpet som var vist i fig. 2. Vi ser at variasjonen i organisk stoff ut av utjevningsbassenget er meget liten over dette

tidsrommet, og vi kan dermed si at utjevningsbassenget har hatt en meget gunstig innvirkning på belastningen.

Det er noe bekymringsfullt at pH er svært lav i utjevningsbassenget selv om også pH blir svært godt utjevnet. pH ligger på ca. 5. Denne pH er langt fra optimal for biologisk omsetning, men er svært god med hensyn til jernfelling. Som vi skal se i det følgende, foregår det imidlertid både en viss biologisk omsetning i tanken og en viss utfelling.



Figur 5. *Variasjoner i KOF<sub>UF</sub> etter utjevning.*

Oksygeninnholdet i utjevningstanken er relativt lavt, ca. 1 mgO<sub>2</sub>/l, på tross av kontinuerlig lufting. Dette viser at en biologisk omsetning, som forbruker oksygen, skjer. Det ble tatt prøver av innholdet av suspendert stoff i utjevningsbassenget. Og det viste seg at denne varierte mellom 1,8 og 2,3 g/l. Med andre ord var det bygget opp en ganske betydelig aktivslamkultur i utjevningsbassenget på tross av den lave pH. Beregnet slambelastning på utjevningstanken blir ca. 0,8 kg BOF<sub>7</sub>/kgSS · d. Dette er en slambelastning som burde gi en positiv renseeffekt.

Nå er det meget vanskelig å beregne renseeffekt i utjevningsbassenget fordi vi jo ikke har et eget separasjonsbasseng for slammet. Vi kan se på reduksjonen av løst organisk stoff gjennom utjevningsbassenget. Tar vi gjennomsnittet av de filtrerte KOF-prøvene, finner vi en midlere verdi på 2120 mgO/l. Den tilsvarende midlere verdi for utløpsprøvene er 1382 mg/l. Dette tilsvarer en renseeffekt med hensyn på løst organisk stoff på ca. 35%. Biologiske systemer fjerner imidlertid også, i tillegg til det løste organiske stoffet, en betydelig mengde partikulært organisk stoff. Vi kan vurdere dette ved å se på renseeffekten over utjevningsbassenget, sandfanget og forsedimenteringen. På basis av dette fant man følgende omtrentlige renseeffekter forårsaket av utjevningsbassenget:

Total KOF	ca. 50%
Filtrert KOF	ca. 40%
Total fosfor	ca. 35%
Ortofosfat	ca. 30%

Vi kan altså slå fast at utjevningsbassenget i høy grad fyller intensjonen med det, nemlig å utjevne variasjoner i vannmengde og sammensetning, og å foreta en viss forrensing av vannet.

Det kan selvsagt stilles spørsmål om dette er den optimale driften av utjevningsbassenget. Med hensyn til renseggrad her, vil det jo være en fordel å returnere så mye slam som mulig. Hvor mye slam man vil kunne returnere, er i virkeligheten avhengig av hvor mye slam som forsedimenteringsbassenget klarer å ta unna. Tar vi hensyn til det kommunale avløpet, som hadde en gjennomsnittlig dagtilrenning på 8 m<sup>3</sup>/t, vil det totalt videreføres til forsedimenteringsbassenget en vannmengde på ca. 12 m<sup>3</sup>/t. Regner vi med en gjennomsnittlig slamkonsentra-

sjon i utjevningsbassenget på 2 kg/m<sup>3</sup>, vil slamoverflatebelastningen på forsedimenteringsbassenget i overflate, bli 2 kg ss/m<sup>2</sup> · h. Den bør nok ikke bli så mye mer enn det.

Slamproduksjonen i utjevningsbassenget vil imidlertid ikke bare bestemmes av hvor mye slam som returneres, men også av vekstbetingelsene i utjevningsbassenget. Det kan nevnes at slamkonsentrasjonen i utjevningsbassenget i en forsøksperiode var så høy som 2,3 g/l, og det var denne perioden som hadde den beste renseeffekten i utjevningsbassenget. Det ser derfor ut til at man kan kjøre med en betydelig høyere slamretur enn 6 m<sup>3</sup>/d, slik det ble anbefalt under driftsundersøkelsen. I prinsippet kan man øke returføringen inntil det blir slamflukt i forsedimenteringsbassenget.

Det er ellers interessant å legge merke til at man i tillegg til organisk stoff også har hatt en betydelig reduksjon av fosfor (30—35%). Dette skyldes sannsynligvis forfelling som en følge av det sterkt jernholdige tilbakeførte slammet fra slamsiloen. Separasjonen av slammet fra utjevningsbassenget skjer hovedsakelig i forsedimenteringsbassenget. Vi har dermed allerede i forbehandlingen oppnådd en ganske god renseeffekt. Vannet ut fra forsedimenteringen vil imidlertid være sterkt turbid og farget som en følge av det sterke innslaget av industrivann. Det viktigste er imidlertid at vannets sammensetning er svært stabil idet vannet går inn i biofilteret.

## 6. Biofilteret.

Den andre enheten vi skal se spesielt på, er det dykkede biofilteret. I tabell 2 er satt opp de tre grupperes resultater når det gjelder middelet av de tre forsøksperiodene med hensyn på de ulike parametre. For å vurdere biofilterets effekt,

må man imidlertid både se på vannet som går inn i biofilteret, vannet som går ut av biofilteret, og vannet som går ut av renseanlegget. Dette må være slik fordi det ikke er noe separasjonssteg etter biofilteret. En prøve som blir tatt her, vil derfor inneholde også det slammet som følger med vannet, og det er først når dette slammet er separert i det etterfølgende kjemiske

steg, at vi kan se hvor godt biofilteret har virket. I tabellen er de 3 prøvedøgn vist hver for seg fordi det var betydelige forskjeller fra et prøvedøgn til et annet med hensyn til den forbehandling som allerede hadde skjedd. Som det fremgår, er innløpskonsentrasjonene (d.v.s. utløpet fra forsedimenteringen) lavest i det andre prøvedøgn.

Tabell 2. *Middelkonsentrasjoner på dagtid på tre punkter i renseanlegget de tre prøvedøgn. (Alle kons. i g/m<sup>3</sup>).  
FS: Forsedim.. BF: Biofilter. RA: Renseanlegg.*

	Dato	UTFS	UTBF	UTRA
KOF <sub>UF</sub>	20.3	1556	931	210
	25.3	430	467	114
	01.4	557	508	
KOF <sub>F</sub>	20.3	790	462	118
	25.3	233	135	68
	01.4	282	192	169
Tot P	20.3	37,9	31,4	3,8
	25.3	7,8	11,0	1,6
	01.4	13,8	15,3	4,9
PO <sub>4</sub> -P	20.3	9,0	12,9	1,3
	25.3	3,5	3,8	0,4
	01.4	8,0	9,0	4,3
pH	20.3	6,6	6,9	6,0
	25.3	6,6	7,0	5,6
	01.4	6,6	6,5	6,3
SS	01.4	138	194	28

Dette skyldes ikke hovedsakelig at vannet som ble tilført renseanlegget utenifra var best denne dagen, men at forbehandlingen fungerte best, fordi man i dette døgnet hadde høyest slamretur til utjev-

ningsbassenget. Ser vi nærmere på tallene i tabell 2, kan følgende slås fast: Reduksjonen av løst organisk stoff over biofilteret er ca. 50%. Dette er omlag som man kunne forvente.



Etter at felling er foretatt på dette vannet, får man imidlertid ytterligere reduksjon. Innholdet av løst organisk stoff ut av rensenanlegget i den andre perioden var så lavt som 68 mg KOF-filtrert/l. Dette tilsvarende en løst BOF på under 20 mg O/l.

Ser vi på resultatene med hensyn på fosfor, så ser vi at doseringen til fellingsstrinnet ikke har vært tilfredsstillende. Det er bare den andre perioden at pH har vært tilstrekkelig lav til å oppnå god felling med jern (pH = 5,6). Den første perioden har fosforfjerningen vært ganske god. I den andre perioden har doseringen vært utilstrekkelig. Også i den tredje perioden har pH vært for høy til å oppnå et godt resultat, på tross av en relativt høy jern-dosering.

Det er klart at doseringen må være tilstrekkelig høy til at pH kommer ned under 5,5. Det viser seg imidlertid at med dette vannet blir doseringen da svært høy, i størrelsesorden 700 mg jernklorid/l. Det anbefales derfor at kommunen tar kontakt med leverandøren av jernklorid for å få levert en jernklorid med særlig høyt syreinnhold slik at pH kan oppnås med en langt lavere dosering. Dette er viktig fordi den høye dosering både er uøkonomisk og fordi den produserer mer slam enn nødvendig. Et alternativ vil selvfølgelig være å gå over til aluminiumsulfat som fellingsmiddel fordi man da kunne felle i et høyere pH-område.

Når det gjelder fellingen forøvrig, går denne meget godt, og vannet blir klart når pH ligger i det optimale området. I en senere befarings på anlegget var fellingsforholdene meget tilfredsstillende med en pH på ca. 5,4. Gjennom en bedre felling vil man også få bedret resultatene med hensyn på organisk stoff. Det fremgår nemlig av tabell 4 at bortimot 50% av

det organiske stoffet som går ut fra rensenanlegget er på partikulær form. Ved en bedre felling vil det være mulig å redusere innholdet av partikulært organisk stoff til et minimum.

## 7. Konklusjoner fra driftsundersøkelsen.

Fra den driftsundersøkelsen som ble gjennomført i mars—april i år kan vi trekke følgende konklusjoner:

1. Forbehandlingen i utjevningsbassenget virker meget bra både hva angår utjevning av den hydrauliske belastning utjevning av den stoffmessige belastning og renseseffekt i utjevningsbassenget som er ca. 40%. Vi anbefaler imidlertid at returføringen av slam fra slamsiloen til utjevningsbassenget økes i første omgang til ca. 10 m<sup>3</sup>/d fordelt over hele døgnet. Dersom det viser seg at forsedimenteringen klarer å ta unna det slam som da kommer, kan man prøve å øke returføringen ytterligere.
2. Forfelling behøver ikke etableres på anlegget idet det foregår en betydelig forfelling ved den returføring av slam som skjer til utjevningsbassenget hvor jo mesteparten av fosforet kommer.
3. Biofilteret synes å virke etter hensikten, og gir sammen med etterfellingstrinnet en god behandling av vannet totalt sett.
4. Etterfellingen bør bedres i forhold til hva den var ved driftsundersøkelsen. Skal jernklorid fortsatt benyttes, bør fellings pH være ca. pH = 5,5. For å oppnå denne lave pH, bør man enten tilsette syre i tillegg til jernklorid eller få kjøpt og dosert en jernklorid som har et høyere syreinnhold enn det normale. Dersom dette ikke blir for dyrt,

anbefales den sistnevnte løsningen. Kommunen bør imidlertid overveie å gå over til aluminiumsulfat som felingsmiddel.

5. Med det innløpsvannet man har ved Lesja renseanlegg er det meget vanske-

lig å oppnå fylkesmannens krav med hensyn til renseeffekt med et konvensjonelt biologisk/kjemisk renseanlegg. Kravene synes for strenge i forhold til innløpsvannets kvalitet, og kravet til anleggstype (biol./kjem.- rensing).

# Samfunnsteknikk vbb as

RÅDGIVENDE INGENIØRER OG ARKITEKTER

Gjerdrumsv. 12,  
0486 Oslo 4  
Telefon 22 83 10

Region- og generalplaner  
Disposisjons- og detaljplaner  
Trafikkutredninger  
Vei-, vann- og kloakkprosjekt  
Industrialanlegg  
Søppel- og avfallsbehandling  
Bad- og svømmeanlegg

## GRUNNVANN — BRØNNBORING

Grunnundersøking — Grovhullsboring.

Vår allsidige maskinpark og lange erfaring gjer at vi kan utføra dei fleste typer boringar til fornuftig pris.

## HALLINGDAL BERGBORING

Magne Veslegard

3570 Ål - Telefon: 067/84 200

5700 Voss - Telefon: 055/11 285