

NORVAR

Prosjektrapport

103
2000

Returstrømmer i renseanlegg

Karakterisering og håndtering



Norsk VA-verkforening

NORVAR-rapport

Norsk VA-verkforening

Postadresse: Vangsvegen 143, 2317 Hamar
Besøksadresse: Vangsvegen 143, Hamar
Telefon: 62 55 30 30

Raporthummer:	103 - 2000
Dato:	31.05.2000
Antall sider (inkl. bilag):	39
Tilgjengelighet:	
Åpen:	x
Begrenset:	

Rapportens tittel:

Returstrømmer i renseanlegg. Karakterisering og håndtering

Forfatter: Ragnar Storhaug, Aquateam - Norsk vann teknologisk senter A/S

Ekstrakt:

Returstrømmer (dekanteringsvann fra fortykkere og rejektvann fra centrifuger) på avløpsrenseanlegg medfører ofte driftsproblemer. Disse avløpsstrømmene er betydelig mer forurenset enn normalt kommunalt avløpsvann. I dette prosjektet ble det gjennomført en systematisk prøvetaking av returstrømmene på 6 renseanlegg.

Prøvetakingsopplegget viste at dekanteringsvann fra gravitasjonsfortykkere representerer det største forurensningsbidraget. Kvaliteten på rejektvann fra centrifuger varierer også betydelig. Effektiviteten av avvanningsprosessen karakteriseres ved gjenvinningsgraden for suspendert stoff, som bør ligge på 97-98 %. På halvparten av anleggene var gjenvinningsgraden lavere enn 97%.

For å redusere belastningen fra returstrømmene må det gjennomføres en mer omfattende driftsoppfølging av fortykkerenheter og slammavvanningsutstyr. Dette innebærer at det må etableres prøvepunkter der det er mulig å ta ut representative prøver av returstrømmene, og i forbindelse med driftsoppfølgingen må man beregne sentrale driftsparametere som karakteriserer enhetenes effektivitet.

Separat behandling av returstrømmene gjennomføres i dag i første rekke på renseanlegg med krav til fjerning av nitrogen. Dette er også et alternativ på kjemiske renseanlegg der det ikke er mulig å oppnå tilfredsstillende kvalitet på returstrømmene ved gjennomføring av andre optimaliseringstiltak.

<u>Emneord, norske:</u>	<u>Emneord, engelske:</u>
Avløpsrensing	Municipal wastewater treatment
Returstrømmer	Side streams
Driftsproblemer	Operational problems
Separat behandling	Separate treatment

Andre utgaver:

FORORD

I avløpsrenseanlegg oppstår normalt returstrømmer fra ulike slambehandlingsprosesser som føres til renseanleggets innløp og blandes med innkommende avløpsvann. Slike returstrømmer er vanligvis langt mer forurenset enn ubehandlet, kommunalt avløpsvann og medfører gjerne betydelige og uforutsette tilleggsbelastninger på renseprosessene. Returstrømmene er ofte viet lite oppmerksomhet, men kan medføre både driftsproblemer og øket forbruk av innsatsmidler og dermed større driftskostnader.

Målet med dette prosjektet har vært å framkaffe bedre data om returstrømmene samt å foreslå generelle tiltak for å håndtere og redusere disse og deres innvirkning på renseprosessene. Prosjektrapporten bør kunne være et godt utgangspunkt for anleggseiere til å se nærmere på returstrømmenes betydning og eventuelle behov for tiltak i egne anlegg.

Prosjektet har vært gjennomført som et spleislagsprosjekt i regi av NORVAR med følgende deltagere:

Fredrikstad vann, avløp og renovasjonsselskap (FREVAR)
Tønsbergfjorden avløpsutvalg (TAU)
Trondheim Bydrift, VA-enheten
Ålesund kommune
Kaldnes Miljøteknologi AS
Kemira Chemicals AS

Prosjektet har kostet 180 000 kr som i sin helhet er finansiert av spleislagsdeltakerne. Spleislagsdeltakerne har utgjort prosjektets styringsgruppe.

Aquateam A/S har vært engasjert i den praktiske gjennomføringen av prosjektet og har skrevet rapporten.

Hamar, den 31.05.2000

Ole Lien

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	4
1. Innledning	6
1.1. Bakgrunn	6
1.2. Mål	7
2. Separat behandling av rejektvann	7
2.1. Fullskala erfaringer fra Sørumsand renseanlegg	8
2.2. Fullskala erfaringer fra andre land	8
2.2.1. Generelt	8
2.2.2. Biologisk nitrogenfjerning fra rejektvann ved Strass renseanlegg i Østerrike	8
2.2.3. Biologisk nitrogenfjerning fra rejektvann, Omholmens renseanlegg i Sverige	9
3. Undersøkelse av sammensetningen av returstrømmer på noen norske renseanlegg	11
3.1. Anlegg som inngår i undersøkelsen	11
3.2. Problemer knyttet til returstrømmer på anleggene som deltok i undersøkelsen	12
4. Karakterisering av returstrømmer	14
4.1. Generelt	14
4.2. Suspendert stoff	15
4.3. Organisk stoff (KOF)	17
4.4. Nitrogen	20
4.5. Fosfor	22
4.6. Alkalitet	24
4.7. Belastning fra returstrømmene	25
5. Håndtering av returstrømmer – tiltak	28
5.1. Generelt	28
5.2. Fortykkere	31
5.3. Mekaniske fortykkermaskiner og centrifugor	33
5.4. Utjevning av rejektvann	34
5.5. Behandling av returstrømmer	34
5.6. Nye teknikker for å bedre kvaliteten på rejektvannet ved avvanning	36
6. Litteratur	

Vedlegg 1 : Analyseresultater fra anleggene

Sammendrag og konklusjoner

Dekanteringsvann fra slamfortykkere og rejektvann fra slamavvanningsmaskiner er de viktigste returstrømmene i et avløpsrenseanlegg. Normalt er returstrømmene betydelig mer forurensset enn normalt kommunalt avløpsvann. Returstrømmene kan føre til blant annet følgende driftsproblemer:

- Høyt forbruk av fettlingskjemikalier
- Høy slamproduksjon
- Høyt utsipp av organisk stoff (kjemiske renseanlegg)
- Generelt dårlige renseresultater slik at utsippstilslaten ikke overholdes

Som en følge av at mange renseanlegg i perioder har driftsproblemer som kan knyttes til returstrømmer, tok NORVAR initiativ til dette prosjektet. Hovedmålene for prosjektet er:

1. Framkaffe data om returstrømmer (volum, stoffkonsentrasjon) fra ulike typer slambehandlingsprosesser
2. Foreslå generelle tiltak for å håndtere og redusere returstrømmene og deres innvirkning på renseprosesser

Opplysninger om returstrømmenes sammensetning er i liten grad samlet inn og systematisert. Det foreligger også lite driftserfaringer med separat behandling av returstrømmer ved norske renseanlegg. I 1985 ble det gjennomført fullskala forsøk med biologisk behandling av rejektvann ved Sørumsand renseanlegg. Pr. i dag er det bare VEAS-anlegget som har etablert separat behandling (ammoniakkstripping) av rejektvannet som en del av behandlingsprosessen. På flere anlegg foregår det forsøk med tilsettning av konvensjonelle fettlingskjemikalier til slammet før fortykking og før avvanning for å bedre kvaliteten på returstrømmene. Resultater fra forsøkene er lovende, men dokumenterte driftserfaringer mangler pr. i dag. Internasjonalt benyttes separat behandling av returstrømmene i første rekke på anlegg som har krav til fjerning av nitrogen.

Som en del av dette prosjektet ble det gjennomført et systematisk prøvetakingsopplegg ved følgende renseanlegg:

- FREVAR (renseanlegg Øra), Fredrikstad
- Ladehammeren renseanlegg, Trondheim
- Gardermoen renseanlegg , Ullensaker
- Nordre Follo renseanlegg, Ås, Oppegård ,Ski
- TAU, Tønsberg
- Åse renseanlegg, Ålesund

Anleggene har i perioder driftsforstyrrelser som kan settes i sammenheng med returstrømmene i anlegget. Den gjennomførte prøvetakingen viser at dekanteringsvann fra gravitasjonsfortykkere gir det største bidraget til returføring av suspendert stoff og dermed også de fleste andre forurensningsparametere. En gravitasjonsfortykker krever en jevn belastning for å kunne fungere optimalt. I mange tilfeller må fortykken benyttes som et buffer/lagervolum for slam, noe som medfører ujevn belastning og dermed dårlig kvalitet på dekanteringsvannet.

Samtlige av de foran nevnte anleggene benytter centrifuger for avvanning av slam. Ved normal drift bør gjenvinningsgraden for en centrifuge ligge i området 97-98% eller høyere. Dette tilsvarer SS-innhold i rejektvannet lavere enn ca. 1500 mg/l. I prøvetakingsperioden lå 3 av 6 anlegg lavere enn dette området.

Prøvetakingsopplegget viste som forventet at andelen løste nitrogenforbindelser i rejektvannet fra anleggene med råtnetank var ca. 5-7 ganger høyere enn på anleggene uten råtnetank.

Det varierer hvor stor andel av totalbelastningen på anlegget som returstrømmene utgjør. Beregninger viser at utjevning av returstrømmene har begrensels effekt hvis kvaliteten på returstrømmene ikke er tilfredsstillende. Det mest effektive tiltaket for å unngå/redusere evt. driftsproblemer er derfor å forbedre kvaliteten på returstrømmene. Den gjennomførte prøvetakingen viser at det i liten grad er tilrettelagt for å kunne ta ut representatitive prøver av returstrømmene. For å redusere driftsproblemene bør derfor bl.a. følgende tiltak gjennomføres:

- Det må etableres prøvepunkter som gjør det mulig å ta ut representative prøver fra returstrømmene
- Driftsoppfølgsprogrammet for renseanlegget må inkludere beregning av sentrale driftsparametre (for eksempel gjenvinningsgrad) som karakteriserer hvor godt de enkelte enhetene fungerer. Det gjør det mulig å optimalisere driften av de enkelte enheter.
- Separat behandling av returstrømmene er i første rekke aktuelt på anlegg som har krav til fjerning av nitrogen. Separat behandling av returstrømmene kan også være aktuelt på kjemiske anlegg der det ikke er mulig å oppnå tilfredsstillende kvalitet på returstrømmene ved andre optimaliseringstiltak. Pågående forsøk med tilsetning av fellingskjemikalier til slamstrømmen før fortykking/avvanning vil gi svar på om dette er en aktuell behandlingsmetode.

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Ved fortykking og avvanning av slam øker slammets tørrstoffinnhold ved at vann fjernes fra slamfasen. Vannet benevnes som dekanteringsvann eller rejektvann og danner det som i dette prosjektet benevnes som returstrømmer. Dette vannet er normalt betydelig mer forurenset enn ubehandlet kommunalt avløpsvann. I de fleste tilfeller ledes vannet til renseanleggets innløpsdel og blandes med innkommende avløpsvann. Eksempel på returstrømmer er:

- dekanteringsvann fra slamsiloer og slamlagre
- dekanteringsvann fra kontinuerlige fortykkere
- rejektvann fra slamavvanningsmaskiner (sentrifuger, silbåndpresser, kammerfilterpresser) og mekaniske fortykkermaskiner (sentrifuger, trommelsiler etc.)

Pr. i dag er tørking tatt i bruk på enkelte renseanlegg, men erfaringmessig gir ikke disse opphav til noen betydelige returstrømmer (stort sett kondensvann fra avkjøling av tørkeluft).

Betydningen av returstrømmene er ofte undervurdert ved drift av avløpsrenseanlegg. Ved rene kjemisk renseanlegg vil returstrømmene i første rekke kunne føre til følgende driftsproblemer:

- høyt forbruk av fellingskjemikalier som følge av høyt og varierende innhold av suspendert stoff i returstrømmen
- høyt forbruk av fellingskjemikalier som følge av høy alkalitet i returstrømmen
- høy slamproduksjon som følge av høy kjemikaliedosering, dvs. man kommer inn i en "ond sirkel"
- hvis returstrømmen inneholder mye løst organisk stoff (for eksempel ved mottak av septikslam), vil også utløpsvannet fra renseanlegget inneholde mye løst organisk stoff

På biologiske renseanlegg vil returstrømmene i første rekke medføre en økt belastning på det biologiske rensetrinnet i form av tilførsel av løst og partikulært organisk stoff. På anlegg som må fjerne nitrogen, er returstrømmene meget viktige tilleggsbelastninger i og med at disse inneholder betydelige mengder nitrogen.

Uansett anleggstype bør det derfor være et mål at returstrømmene har en så god kvalitet som mulig.

1.2. Mål

Som en følge av at mange renseanlegg i perioder har driftsproblemer som kan knyttes til returstrømmer, tok NORVAR initiativ til dette prosjektet. Hovedmålene for prosjektet er:

1. Framskaffe data om returstrømmer (volum, stoffkonsentrasjon) fra ulike typer slambehandlingsprosesser
2. Foreslå generelle tiltak for å håndtere og redusere returstrømmene og deres innvirkning på renseprosesser.

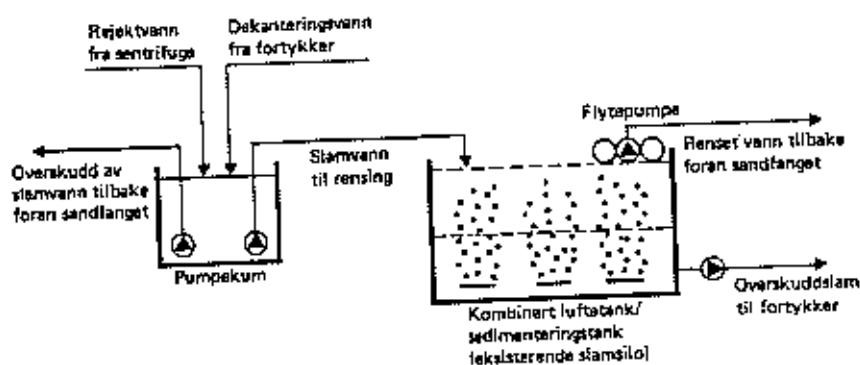
2. Separat behandling av rejektvann

Det foreligger relativt lite erfaringer med separat behandling av rejektvann fra norske anlegg. I forbindelse med innføring av tvungen tømming av septiktanker først på 1980-tallet, ble prosjektet "Separat behandling av slammvann (rejektvann) fra avvanning av septikslam" gjennomført. Bakgrunnen for at prosjektet ble gjennomført, var at mange mekanisk-kjemiske renseanlegg hadde problemer med å overholde utslippskravene (spesielt kravene til utslipp av organisk stoff) ved mottak av store mengder septikslam. Slammvannet har også høy alkalisitet, noe som medførte et høyt kjemikalieforbruk på kjemiske renseanlegg.

I prosjektet ble det gjennomført både pilotforsøk og fullskalaundersøkelse, med ulike behandlingsprosesser. Biologisk behandling med hhv. biorotor (pilotforsøk) (Rusten, 1984), aktivslam (pilotforsøk) (Storhaug, 1984), anaerobe filtre (litteraturstudie) (Storhaug, 1985), samt behandling med fotoaksidasjon (pilotforsøk) (Wedum, 1984) ble undersøkt. Etter at disse prosjektene var gjennomført, ble det konkludert med at biologisk rensing, enten med aktivslam eller biorotor, var de mest hensiktsmessige prosessene for behandling av denne typen slammvann. I perioden september 1984 til mars 1985 ble det derfor gjennomført fullskala forsøk med biologisk rensing (aktivslam) av slammvann fra avvanning av septikslam ved Sørumsand renseanlegg. (Paulsrød og Nedland, 1985). Pr. i dag er det bare VEAS som foretar en separat behandling av returstrømmer i anlegget. På VEAS inneholder filtratvannet fra kamperat behandling av returstrømmer høye konsentrasjoner av nitrogen. Nitrogeninnholdet i filtratvannet utgjør merfilterpressene høye konsentrasjoner av nitrogen. Nitrogeninnholdet i filtratvannet, gjennomføres derfor en ammoniakkstripping. For å redusere nitrogeninnholdet i filtratvannet, fjernes ammoniakkstripping. Det oppnås 70 % fjerning av nitrogen i strippes prosessen, men målet er å oppnå 80% reduksjon av nitrogen (Sagberg, 1999). Renset filtratvann blir i dag sendt tilbake til innløpet av anlegget. Ammoniumstripping for behandling av returstrømmer benyttes også på anlegg i Danmark og Sverige (Thorndahl, 1993).

2.1. Fullskala erfaringer fra Sørumsand renseanlegg

Et basseng med volum 27,5 m³ ble drevet som et salsvis aktivslamanlegg (SBR-prosess). En nivåsyrt pumpe pumpet slammvann inn i prosesstanken til maksimalt nivå var nådd. Deretter startet luftingen som pågikk fram til kl. 6.00 neste morgen. Etter ca. 1 times sedimentering ble det dekantert av 16,5 m³ (60% av totalt volum) renset slammvann som ble returnert til overskuddsslam pumpet ut før innpumpingen av slammvann på nytt startet opp. Figur 2.1 viser flytskjemaet for forsøksanlegget.



Figur 2.1 Flytskjema for forsøksanlegget som ble benyttet i fullskalaundersøkene på Sørumsand renseanlegg

Forsøkene med aktivslamprosessen i pilotskala (Storhaug, 1994) viste at et anlegg for behandling av septikslamvann måtte drives med nitrifikasjon for å oppnå den ønskede reduksjon av alkaliteten. Med et effektivt volum på 27,5 m³, og en daglig tilført slamvannsmengde på 16,5 m³ slamvann pr. døgn, måtte slamkonsentrasjonen i prosesstanken ligge på ca. 4 kg SS/m³ for å få en slambelastning på 0,15 kg BOF₇/kgSS·d. I dette tilfellet tilsvarte det et slamvolum på 300 – 400 ml/l i prosesstanken.

I tabell 2.1 er det gjort en sammenstilling av resultatene fra fullskalaundersøkene.

Tabell 2.1 Resultater fra biologisk rensing av slamvann fra avvanning av septikslam med satsvis drift av et aktivslamanlegg (Paulsrød og Nedland, 1985)

Parameter	Ubehandlet slamvann		Renset slamvann		Midlere renseeffekt (%)
	Variasjonsområde	Middelverdi	Variasjonsområde	Middelverdi	
Susp. stoff (mg/l)	280 – 2198	1031	25 – 640	292	72
KOF (mg/l)	830 – 3168	1409	62 – 780	243	83
BOF ₇ (mg/l)	360 – 1220	832	40 – 280	121	86
Tot-P (mg/l)	6,0 – 32,4	15,4	0,7 – 10,9	3,7	78
Orto-P (mg/l)	0,7 – 3,0	1,8	0,1 – 1,0	0,4	78
Tot-N (mg/l)	57 – 237	99	17 – 111	56	43
Alkalitet (mekv/l)	2,0 – 17,2	4,3	0,3 – 8,0	2,1	-

I forsøksperioden ble det tatt ut en overskuddsslammengde som tilsvarte ca. 2 % av slammengden som ble avvannet i samme periode.

2.2. Fullskala erfaringer fra andre land

2.2.1. Generelt

Det er i første rekke anlegg med krav til fjerning av nitrogen som har separat behandling av rejektvann. En betydelig del av anleggenes nitrogenbelastning blir resirkulert med slamvannet, spesielt der hvor man har anaerob stabilisering av slammet. I det etterfølgende gis eksempler på anlegg med separat behandling av rejektvannet for å redusere utslippene av nitrogen.

2.2.2. Biologisk nitrogenfjerning fra rejektvann ved Strass renseanlegg i Østerrike

Wett et. al., 1997 beskriver fullskala forsøk med nitrogenfjerning i et satsvis aktivslamanlegg (SBR-anlegg). Renseanlegget i Strass tar imot avløpsvann fra ca. 200.000 pe. Slammet på anlegget avvannes i kammerfilterpresser som drives med 4 til 6 sykluser pr. dag. Før pressring kondisjoneres slammet med kalk. Hver syklus produserer 28 m³ rejektvann. Rejektvannsmengden utgjør ca. 15 % av nitrogenbelastningen på anlegget, men bare 0,6 % av den hydrauliske belastningen.

Renseanlegget for rejektvann består av en utjevningstank med volum 50 m³ og en kombinert luftetank/sedimenteringstank (prosesstank) med volum 640 m³. Mekanisk slam blir benyttet som intern karbonkilde, og slammet blir tilført prosesstanken før sedimenteringsperioden. Anlegget har en driftssyklus som består av 320 minutter lufting, 30 minutter omrøring, 100

minutter sedimentering og 30 minutter dekantering. I løpet av luftingsperioden pumpes re-jektvann inn i luftetanken med konstant kapasitet.

Tabell 2.2 Sammensetning av rejektvann ved Strass renseanlegg

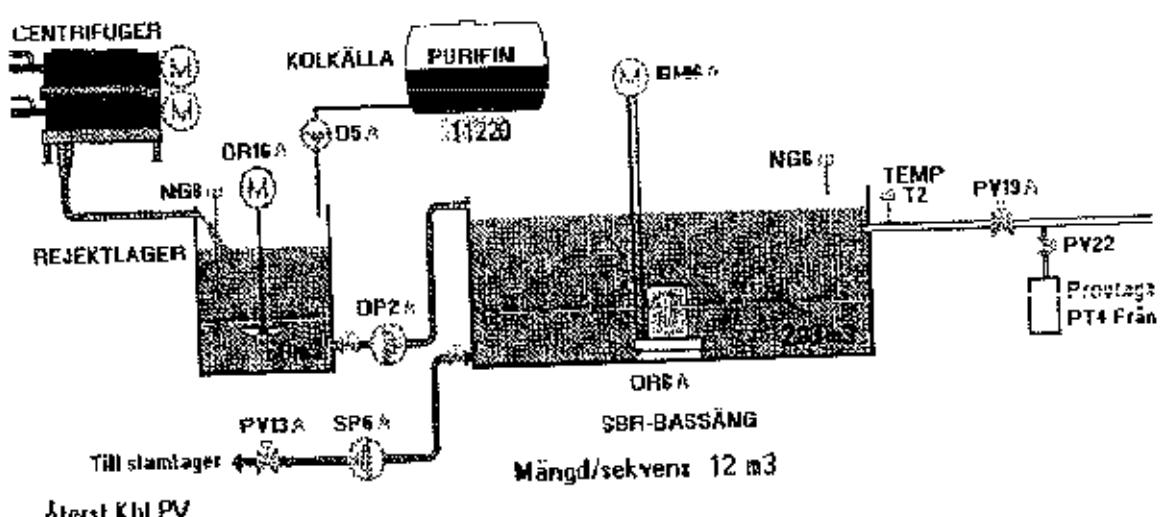
Parameter	
pH	11,9 - 12,8
Alkalitet (mekv/l)	100 - 150
temperatur (°C)	30 - 35
NH ₃ - NH ₄ (mg/l)	1250 - 1700
KOF (mg/l)	700 - 1000

Rejektvannet har svært høy pH og alkalitet fordi slammet blir tilsatt kalk før avvanning. I løpet av luftfasen blir blåsemaskinen overstyrt av pH. Som følge av nitrifikasjonen vil pH i luftetanken synke, og ved en nedre grenseverdi på pH 7,2 slås blåsemaskinen av. Denitrifikasjon og tilførsel av slamvann fører til at pH igjen øker, ved en øvre grenseverdi på pH 7,6 slås blåsemaskinen på igjen.

Fullskala uttesting har vist at det oppnås ca. 80 % fjerning av tot-N i behandlingsanlegget. Dette innebærer at bare 3 % av den totale nitrogenbelastningen resirkuleres til innløpet med rejektvannet.

2.2.3. Biologisk nitrogenfjerning fra rejektvann, Omholmens renseanlegg i Sverige

Omholtens renningsverk i Sotenäs kommune i Sverige er dimensjonert for 16.000 pe og tar i mot avløpsvann fra tettstedene Kungshamn, Väjern, Hovenäset og Smögen (Maltsson & Stensson, 1996). Renseanlegget er et etterfellingsanlegg der det biologiske rensetrinnet består av et biologisk filter. Biologisk og kjemisk slam behandles i råtnetank og avvanes med står av et biologisk filter. Biologisk og kjemisk slam behandles i råtnetank og avvanes med står av et aktivslam centrifuge. For å redusere nitrogenutslippet fra anlegget har man etablert et aktivslam anlegg for satsvis drift (SBR-anlegg). I dette anlegget opptrer vekselvis nitrifikasjon og denitrifikasjon. Figur 2.2 viser et flytskjema for anlegget.



Figur 2.2 Flytskjema for SBR-anlegg for rejektvann ved Omholmens renningsverk (Svahn, 1999)

Rejektvannet føres fra centrifugene og ned i et utjevningsbasseng på ca. 70 m³. Samtidig tilsettes karbonkilden (Purifin). Fra utjevningsbassengen pumpes rejektvannet inn i luftebassenget på ca. 280 m³. I prosesstanken er det montert en venturiøster som sørger for omrøring og lufting. Dekanteringen av klarvannsfasen skjer via en flytende dekanteringstrakt. Det behandlede rejektvannet føres tilbake til innløpet av renseanlegget.

Hver driftssyklus varer i 8 timer, dette gir 3 sykluser pr. døgn. I hver syklus behandles 12 m³ rejektvann. Det er testet ut ulike inndelinger av driftssyklusen. Nå benyttes en driftssyklus med følgende forløp:

1. Lufting og omrøring: 130 minutter
2. Omrøring og impumping av rejektvann tilsatt karbonkilde: 90 minutter
3. Sedimentering: 120 minutter
4. Dekantering og uttak av overskuddsslam: 140 minutter

Anlegget har vært i drift siden 1996, og i tabell 2.3 er det vist en del typisk resultater fra anlegget.

Tabell 2.3 Renseresultater fra anlegget (Svahn, 1999)

	Tot-N rejektvann (mg/l)			Tot-N utløp fra SBR (mg/l)			Renseeffekt tot-N (mg/l)			NO ₃ utløp fra SBR (mg/l)		
	Middel	Maks	Min	Middel	Maks	Min	Middel	Maks	Min	Middel	Maks	Min
1996	-	-	-	-	-	-	86	95	59	41	138	4
1997	-	-	-	-	-	-	86	95	59	16	64	3
1998	538	763	306	66	209	39	87	93	65	18	32	2
1999	397	519	250	217	377	91	41	79	15	6	13	2

I 1996 - 1998 har anlegget stort sett fungert tilfredsstillende. På månedsbasis har renseeffekten variert mellom 65 og 95 %. Høy belastning og enkelte driftsstanser i anlegget er hovedårsaken til de laveste renseeffektene. Fra årsskiftet 1998/1999 har det vært en gradvis forverring av renseresultatene. Høy konsentrasjon av KOF i utløpsvannet indikerer at det blir tilsatt for mye karbonkilde. Det gjennomføres nå tester for å avklare dette.

Etableringen av SBR-anlegget for rejektvann har medført mer stabil drift på renseanlegget i og med at kvaliteten på returstrømmen er bedret.

3. Undersøkelse av sammensetningen av returstrømmer på noen norske renseanlegg

3.1. Anlegg som inngår i undersøkelsen

I forbindelse med dette prosjektet er det gjennomført en systematisk prøvetaking av returstrømmer på 6 renseanlegg. I tabell 3.1 er det gitt en nærmere beskrivelse av anleggene

Tabell 3.1 Anleggene som deltar i undersøkelsen

Anlegg	Belastning	Avløpsvann-behandling	Slambehandling	Mottak av septikslam	Utjevning av returstrømmer
FREVAR	Dim. belastning: 100.000 PE	-Primærfelling -Felt.kjem: FeCl ₃ + sjøvann (5%)	-Gravitasjonsfortykkere -Pasteurisering -Anaerob stabilisering -Avvanning i centrifuger	Nei	Nei
Ladeham- meren r.a.	Dim. belast- ning: 96.000 PE	-Primærfelling -Felt.kjem: FeCl ₃ + sjøvann + polymer	-Gravitasjonsfortykkere -Pasteurisering -Anaerob stabilisering -Avvanning i centrifuger	Nei	Nei
Gardermoen rense- anlegg	Dim. belast- ning: 50.000 PE	-Etterfelling -Forsed. - Biologisk rense- trinn m. nitrogen- fjerning -Kjemisk felling -Felt. kjem: PAX	-Fortykke maskin -Anaerob stabilisering -Avvanning i centrifuge -Tørking	Ja	Ja
Nordre Follo renseanlegg	Dim. belast- ning: 40.900 PE	-Etterfelling -Forsed. -Biologisk rense- trinn m. nitrogen- fjerning -Kjemisk felling -Felt.kjem: PAX	-Gravitasjonsfortykkere -Termofil aerob forbehandling (UTB) -Anaerob stabilisering -Avvanning i centrifuge/ sit båndpresse	Ja	Ja
TAU	Dim. belast- ning: 60.000 PE	-Primærfelling -Felt.kjem: FeCl ₃	-Gravitasjonsfortykkere -Avvanning i centrifuger -Tilsetning av ulesket kalk til avvannet slam ²⁾	Ja	Nei
Åse rense- anlegg	Dim. belast- ning: 20.000 PE	-Primærfelling -Felt.kjem: Kalk + sjøvann	-Gravitasjonsfortykkere -Avvanning i centrifuger	Ja	Ja

1) Vil bli skiftet ut med fortykke maskiner

2) Medfører ingen returstrøm

FREVAR og Ladehammeren renseanlegg har den samme prinsipielle prosessoppbyggingen både på avløp- og slamside. Det samme gjelder avløpsrenseprosessen på hhv. Gardermoen og Nordre Follo renseanlegg, i og med at begge anlegg har forsedimentasjon, renseanlegg og Nordre Follo renseanlegg har aerob termofil forbehandling (UTB) + anaerob stabilisering, mens Gardermoen renseanlegg har anaerob stabilisering. Begge anlegg avvanner slammet med centrifuge. På Gardermoen renseanlegg tøkes slammet etter avvanning, denne prosessen var imidlertid ikke i drift i prøvetaleggsperioden. TAU og Åse renseanlegg er begge primærfettingsanlegg, men med ulike fettingskjemikalier. Undersøkelsen omfatter dermed tre hovedtyper av prosesser både på avløpssiden og slamsiden:

- Primærfeiling, med pasteurisering og anaerob stabilisering
- Etterfeiling, med biologisk nitrogenfjeming og anaerob stabilisering
- Primærfeiling uten biologisk slamstabilisering

3.2. Problemer knyttet til returstrømmer på anleggene som deltok i undersøkelsen

FREVAR

Anlegget har 3 stk. overbygde kvadratiske fortykkere med avdragsrenner på to av sidene. Det er tilnærmet umulig å få tilgang til avdragsrennene for rengjøring og spyting og det dannes derfor et lag av flyteslam og skum på fortykkerne, noe som medfører hydraulisk skjevelastning, og til tider stor transport av slam ut sammen med dekanteringsvannet. Returføringen av slam medfører at forbruket av fellingskjemikalier i fellingsprosessen øker og renseresultatene blir dårligere. FREVAR har nå montert og har under innkjøring fortykkermaskiner som vil erstatte gravitasjonsfortykkerne. De eksisterende fortykkervolumene vil bli benyttet til hhv. buffervolum foran og etter fortykkermaskinene.

Det er ingen automatisk regulering av avvanningsmaskinene, for eksempel polymerdoseringen. Det er derfor et potensiale for å bedre rejektvannskvaliteten.

Ladehammeren renseanlegg

Hvis det opptrer driftsforstyrrelser i pasteuriseringsanlegget, må gravitasjonsfortykkerne benyttes som slamlager. Dette innebærer at slammengdene i fortykkerne vil øke gradvis, helt til kapasiteten er oppbrukt og slam føres i retur til innløpet av anlegget. Dette medfører et øket forbruk av jernklorid og nedsatt renseeffekt. I disse periodene opptrer også sterk skumming i tilknytning til centrifugen. Det antas at dette har sammenheng med et stort forbruk av fellingskjemikalier. Det vil bli montert en slamsil for å ta ut fiber før pasteuriseringsanlegget. Driftsstabiliteten for pasteuriseringsanlegget vil da bli forbedret og periodene med overbelastning av fortykkerne vil bli eliminert.

Gardermoen renseanlegg

Rejektvann fra både fortykkermaskiner og centrifuge føres til et utjevningsbasseng, og deretter pumpes det i retur til innløpet av anlegget. Slamavvanningsdelen på anlegget har vært i drift i ca. 6 måneder (siden juni 1999). I denne perioden er det ikke registrert problemer som følge av returstrømmer. Den videre driften vil vise i hvilken grad returstrømmene innvirker på renseresultatene.

Nordre Follo renseanlegg

Anlegget har to gravitasjonsfortykkere som mottar slam fra forsedimenteringsbassenget, bunnslam fra flotasjonsbassenget og eksternt slam fra septikmottaket. Både utpumpingsrutinen for slam, samt opplegget for dekantering, er lite optimalt. I perioder med driftsforstyrrelser i slambehandlingsanlegget lagres slam i fortykkerne. Alt dette gjør at mye suspendert stoff går i retur til forsedimenteringsbassenget. Dette påvirker det biologiske rensetrinnet ved at den organiske belastningen øker, samt at orto-P konsentrasjonen i forsedimentert vann avtar. Forsøk har vist at dette reduserer denitrifikasjonshastigheten i det biologiske trinnet.

Anlegget har problemer med å opprettholde en stabil rejektvannskvalitet og polymerforbruket er unormalt høyt. Retur av rejektvannet har samme effekt som retur av dekanteringsvannet fra fortykkerne, men i mindre grad.

TAU

Anlegget har to gravitasjonsfortykkere, men disse drives som slamlager. Utpumpingen av slam fra slamlommene i sedimenteringsbassengene styres manuelt slik at utpumpet mengde blir holdt på et minimum. Bare unntaksvis føres dekanteringsvann i retur. TAU har i perioder ustabile renseresultater. Det er usikkert om dette skyldes rejektvannet fra avvanningen.

Åse renseanlegg

Anlegget har to gravitasjonsfortykkere, og i perioder opptrer slamlukt fra disse. Det er ikke klarlagt hva årsaken til dette er, i og med at belastningen er under kapsitetsgrensen. Slamlukten opptrer ofte i perioder med redusert siktedypt i sedimenteringsbassengene. Retur av dekanteringsvann medfører at siktedyptet blir ytterligere redusert, og man kommer derfor inn i en "ond sirkel". Driftsproblemene i fortykkerne påvirker også avvanningen ved at det er vanskeligere å oppnå en akseptabel TS-verdi (18 – 25 %) i disse periodene. I periodene da prøvetakingen til dette prosjektet ble gjennomført hadde ikke anlegget spesifikke driftsproblemer.

4. Karakterisering av returstrømmer

4.1. Generelt

Det ble gjennomført et systematisk prøvetakingsprogram på samtlige anlegg. Ingen av renseanleggene har permanente prøvetakingspunkter med prøvetakere etc. på returstrømmene. Prøvetakingen er derfor basert på uttak av en rekke stikkprøver i løpet av en arbeidsdag. Disse stikkprøvene er så satt sammen til en blandprøve som dekker en arbeidsdag. På noen av anleggene har driftsforstyrrelsen en "årstidsvariasjon", periodene med driftsforstyrrelser kommer derfor ikke nødvendigvis med prøvetakingsperiodene. Tabell 4.1 viser en oversikt over prøvelakingen som er gjennomført på hvert renseanlegg.

Tabell 4.1 Oversikt over antall blandprøver samt over prøvetakingspunktene som er benyttet

Anlegg	Dato for prøvetaking	Antall bland-prøver	Beskrivelse av prøvetakingspunktet
FREVAR (Renseanlegg Øra)	05.08.99 12.08.99 19.08.99 31.08.99 02.09.99 14.09.99	6	Felles prøvetakingspunkt for dekanteringsvann fra fortykkere og rejektvann fra centrifuger
Ladehammoren n.a. (LARA)	23.08.99 30.08.99 06.09.99 13.09.99	4	Separate prøvetakingspunkter for hhv. dekanteringsvann og rejektvann <ul style="list-style-type: none"> • Prøver fra fortykkere tatt i avdragsrenne på fortykker • Prøve av rejektvann tatt under centrifuge
Gardermoen renseanlegg (GRA)	30.08.99 02.09.99 06.09.99 09.09.99	4	Separate prøvetakingspunkter for hhv. rejektvann fra fortykkermaskin og rejektvann fra centrifuge <ul style="list-style-type: none"> • Prøve av rejektvann er tatt under fortykkermaskin • Prøve av rejektvann tatt under centrifuge
Nordre Folorensesanlegg (NFR)	29.09.99 01.10.99 04.10.99 05.10.99	4	Separate prøvetakingspunkter for hhv. dekanteringsvann og rejektvann <ul style="list-style-type: none"> • Prøver fra fortykkere tatt i pumpestasjon for dekanteringsvann • Prøve av rejektvann tatt under centrifuge
TAU	25.08.99 07.09.99 15.11.99 16.11.99	4	<ul style="list-style-type: none"> • Prøve av rejektvann tatt i rejektvannskasse under centrifuge
Ase renseanlegg (ASERA)	24.08.99 31.08.99 07.09.99 14.09.99	4	Separate prøvetakingspunkter for hhv. dekanteringsvann og rejektvann <ul style="list-style-type: none"> • Prøver fra fortykkere tatt i avdragsrenne på fortykker • Prøve av rejektvann tatt i rejektvannskanal

Prosessutformingen på anleggene gjør at returstrømmene kan deles inn i følgende hovedgrupper:

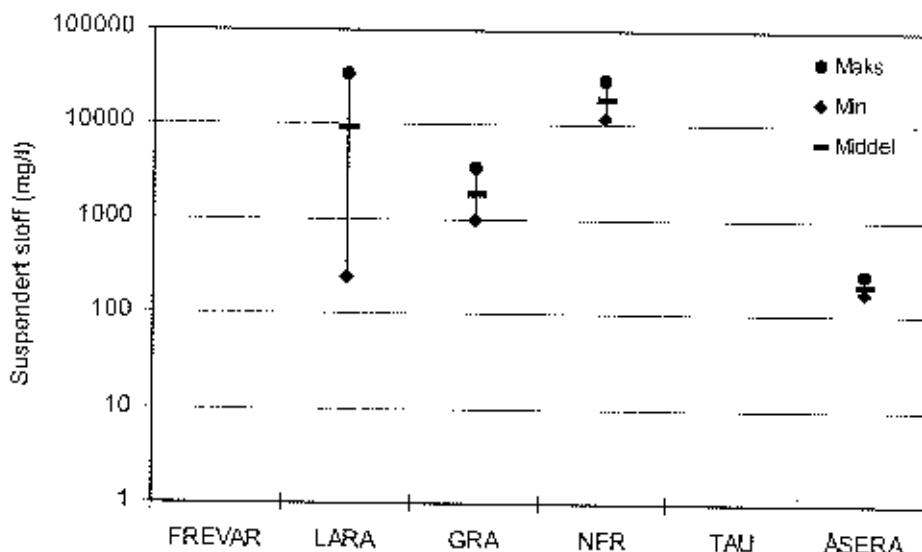
- Dekanteringsvann fra fortykking av slam
 - Åse renseanlegg: primærfeilfellingfelling med kalk og sjøvann, dekanteringsvann fra gravitasjonsfortykker

- FREVAR: primærfelling med jernklorid og sjøvann, blanding av dekanteringsvann fra gravitasjonsfortykker og rejektvann fra centrifuge
- Ladehammeren renseanlegg: primærfelling med jernklorid, sjøvann og polymer som hjelpekoagulant, dekanteringsvann fra gravitasjonsfortykker
- Nordre Follo renseanlegg: etterfelling (biofilm) med PAX, dekanteringsvann fra gravitasjonsfortykker
- Gardermoen renseanlegg: etterfelling (biofilm) med PAX, rejektvann fra fortykkermaskin
- Rejektvann fra avvanning med centrifuge
 - Ubehandlet kjemisk slam
 - Åse renseanlegg
 - TAU
 - Pasteurisert og anaerobt stabilisert kjemisk slam
 - FREVAR
 - Ladehammeren renseanlegg
 - Anaerobt stabilisert biologisk-kjemisk slam
 - Nordre Follo renseanlegg (termofil aerob forbehandling av slammet før ultråting)
 - Gardermoen renseanlegg

I det etterfølgende blir det gjort en sammenligning av de to hovedtypene av returstrømmer. I og med at FREVAR har en blanding av dekanteringsvann fra fortykker og rejektvann fra centrifuge, vil dataene fra dette anlegget bare bli vist i figurene som viser rejektvann. TAU benytter fortykkeren som slamlager uten dekantering, det er derfor ingen returstrøm fra denne enheten.

4.2. Suspendert stoff

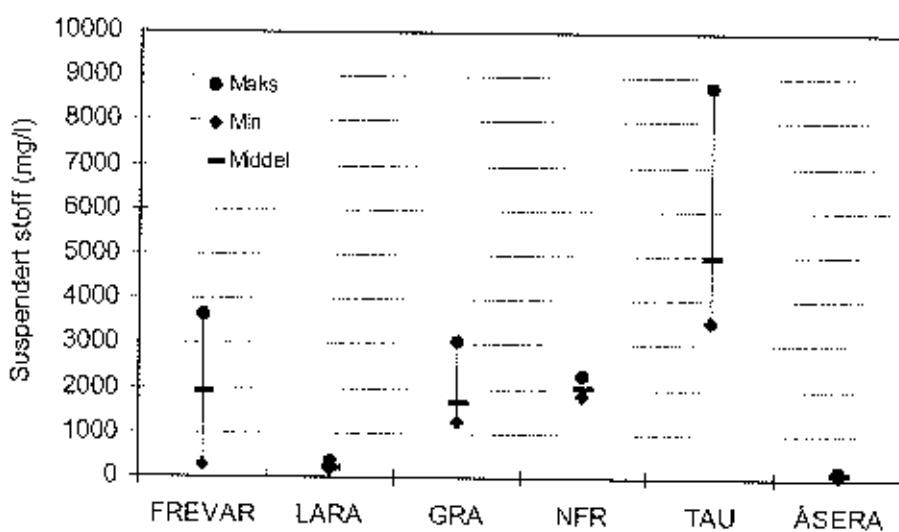
Figur 4.1 og 4.2 viser konsentrasjonen av suspendert stoff i blandprøvene fra anleggene. Det er store variasjoner i innholdet av suspendert stoff i dekanteringsvannet fra fortykkerenheterne. Når en gravitasjonsfortykker fungerer tilfredsstillende varierer, normalt konsentrasjonen av suspendert stoff i dekanteringsvannet i området 100 – 500 mg/l. Av anleggene som inngår i undersøkelsen, er det bare Åse renseanlegg som har dekanteringsvann i dette området. I periodene da prøvene ble tatt fungerte fortykkeren tilfredsstillende. Resultatene fra Gardermoen renseanlegg (GRA) viser også forholdsvis liten variasjon. På dette anlegget benyttes en fortykkermaskin med tilsats av polymer, og det er derfor enklere å "styre" fortykkingsfunksjonen enn ved bruk av gravitasjonsfortykker. For de øvrige anleggene indikerer maksimalverdiene at det tildels foregår resirkulering av slam i stor grad.



Figur 4.1 Konsentrasjonen av suspendert stoff i dekanteringsvann fra fortykkere (NB: logaritmisk Y-akse)

Hovedårsaken til den store variasjonen er sannsynligvis at fortykkerne også fungerer som buffervolum for slamm, og dette medfører at belastningsforholdene varierer betydelig. Ved dimensjonerung av fortykkeren forutsettes det at enheten har en jevn belastning. Det er svært vanskelig å oppnå ideelle driftsforhold for en gravitasjonsfortykker, hvis man ikke har store nok buffervolumer etter fortykkeren.

Figur 4.2 viser innholdet av suspendert stoff i rejektvann fra centrifugor. Innholdet av suspendert stoff varierer betydelig både for det enkelte anlegg og mellom anleggene. Ved drift av centrifuger bør man tilstrebe å oppnå et SS-innhold i rejektvannet som er lavere enn 1000 mg/l. Når konsentrasjonen av suspendert stoff i rejektvann fra en centrifuge overskridet 1500 – 2000 mg/l, anses det som utilfredsstillende.



Figur 4.2 Konsentrasjonen av suspendert stoff i rejektvann fra centrifuger

For å beregne effektiviteten av avvanningsprosessen, benyttes gjenvinningsgraden for suspendert stoff (tørrstoff). Normalt bør man tilstrebe å ha en gjenvinningsgrad på 97 – 98 %

(avhenger av TS-konsentrasjonen i inngående slam). I tabell 4.2 er middel, maks. og min. gjenvinningsgrad beregnet for anleggene som deltar i undersøkelsen.

Tabell 4.2. Beregnet gjenvinningsgrad

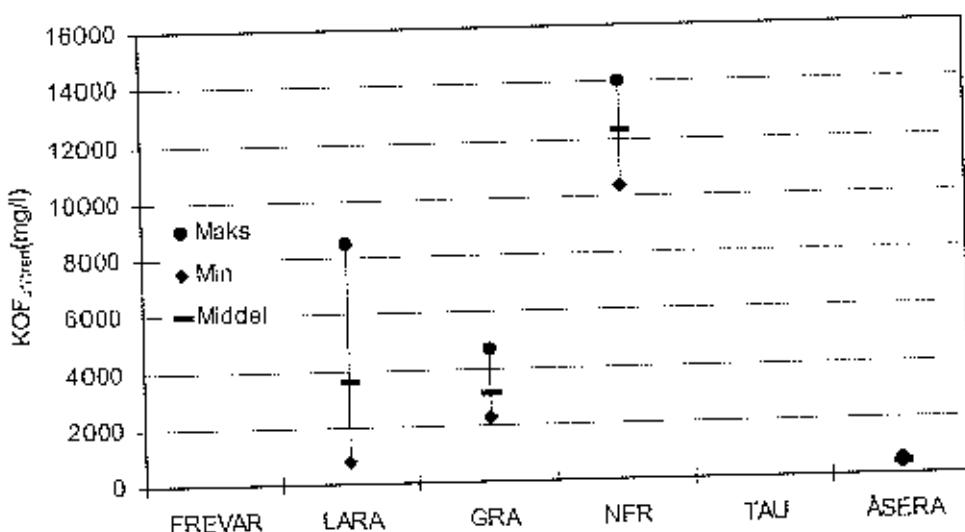
Anlegg	Gjenvinningsgrad (%)	
	Middel	Variasjonsområde
FREVAR 1)	94,5	87,6 – 99,2
Ladehammeren renseanlegg	99,6	99,4 – 99,7
Gardermoen renseanlegg	97,4	95,2 – 97,6
Nordre Follo renseanlegg	95,3	94,7 – 95,7
TAU	89,4	80,3 – 92,6
Åse renseanlegg	99,7	99,6 – 99,7

- 1) Sannsynligvis er gjenvinningsgraden høyere enn beregnet i og med at rejektvarietet består av en blanding av dekanteringsvann fra fortykkere og rejektvann fra sentrifuger.

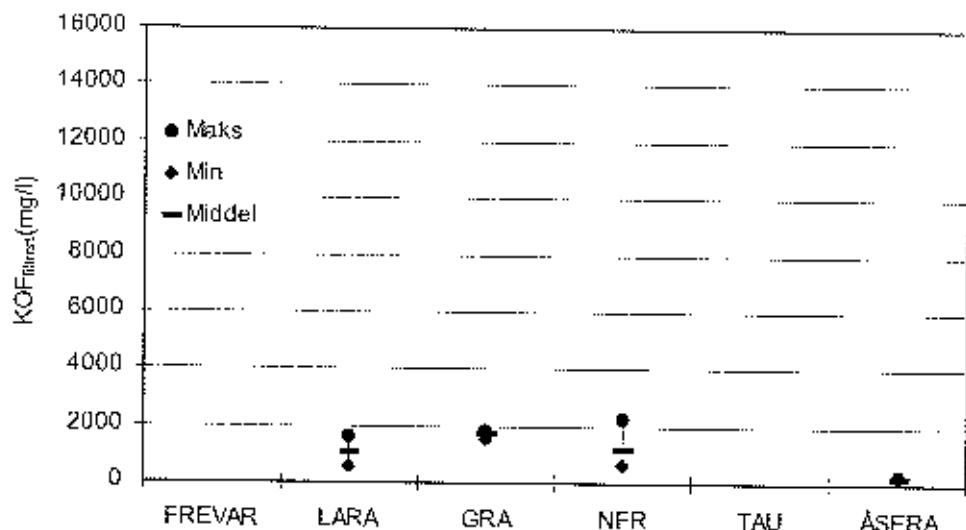
Gjenvinningsgraden ligger lavere enn det som er optimalt for samtlige anlegg, bortsett for Åse renseanlegg. Dette tilsier at det er et optimaliseringspotensiale mht. drift av sentrifugene.

4.3. Organisk stoff (KOF)

Samtlige prøver er analysert både for filtrert og ufiltrert KOF. Figur 4.3 og 4.4 viser hhv. ufiltrert og filtrert KOF i dekanteringsvann fra fortykkere.



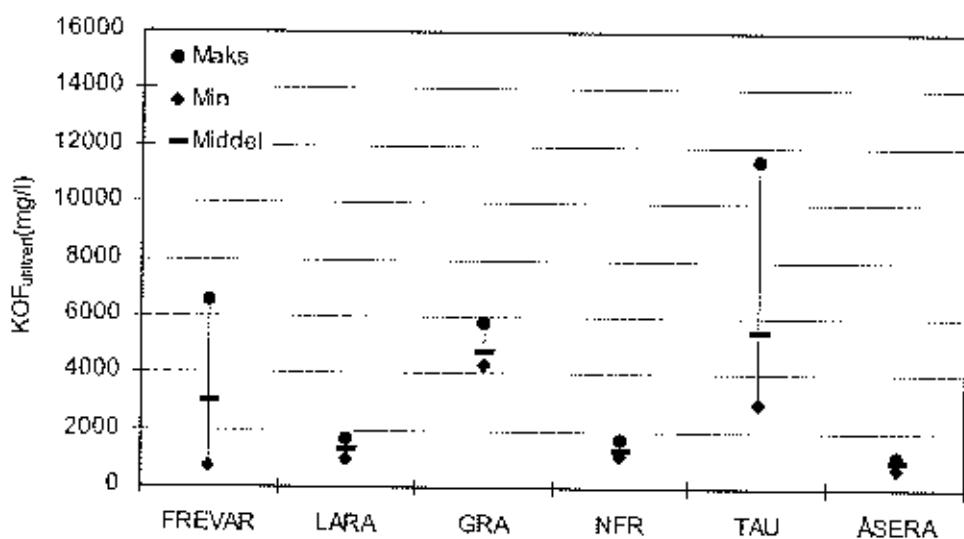
Figur 4.3. Konsentrasjonen av $KOF_{ufiltrert}$ i dekanteringsvann fra fortykkere



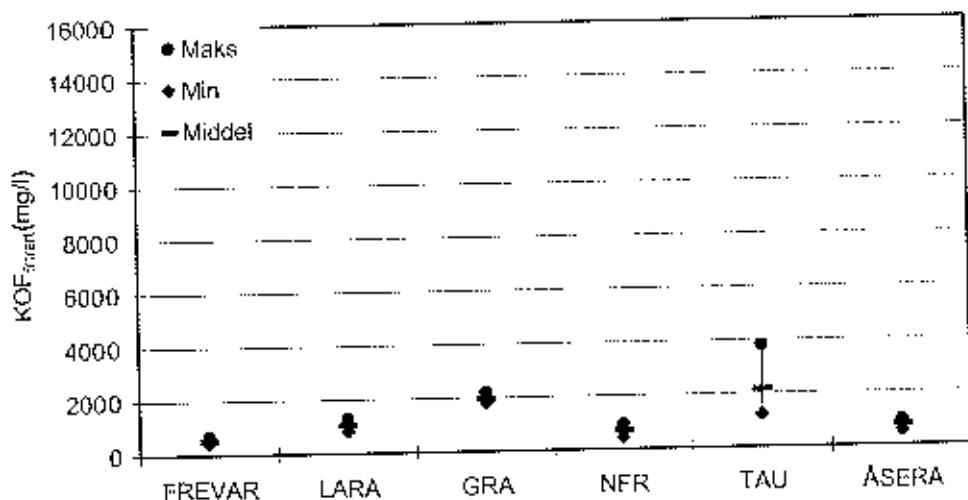
Figur 4.4 Konsentrasjonen av $KOF_{filtrert}$ i dekanteringsvann fra fortykkere

Innholdet av suspendert stoff er avgjørende for innholdet av KOF. Anlegg med høyt innhold av suspendert stoff i rejektvannet får en tilsvarende høy belastning av KOF. For anleggene som inngår i denne undersøkelsen, varierer middelkonsentrasjonen av $KOF_{filtrert}$ i området 395 – 12290 mg/l. Innholdet av løst KOF i dekanteringsvannet er stort sett lavere enn 2000 mg/l på samtlige anlegg.

Figur 4.5 og figur 4.6 viser konsentrasjonen av hhv. ufiltrert og filtrert KOF i rejektvann fra centrifuger.



Figur 4.5 Konsentrasjonen av $KOF_{ufiltrert}$ i rejektvann fra centrifuger



Figur 4.6 Konsentrasjonen av $KOF_{filtrert}$ i rejektvann fra sentrifuger

Sammenlignet med dekanteringsvann fra fortykkere er konsentrasjonen av $KOF_{ufiltrert}$ lavere i rejektvannet for de fleste anlegg. Hovedårsaken til dette er at avvanningsmaskinene er enklere å driftsoptimalisere enn gravitasjonsfortykkere. På anlegg med rånetank (15 – 20 dagers oppholdstid) vil slamkvaliteten normalt ha langsomme svingninger. Dette gjør at sammensetningen av rejektvannet blir relativ stabil. Konsentrasjonen av $KOF_{ufiltrert}$ i rejektvannet varierer i området 970 – 5480 mg/l. Tabell 4.3 viser midlere innløpskonsentrasjon mhp. KOF for noen av anleggene som inngår i undersøkelsen sammenlignet med middelkonsentrasjonen av KOF i hhv. dekanteringsvann fra fortykkere og i rejektvann fra sentrifuger.

Tabell 4.3 Konsentrasjonen av hhv. $KOF_{filtrert}$ og $KOF_{ufiltrert}$ i innløpsvann sammenlignet med tilsvarende for dekanteringsvann fra fortykkere og rejektvann fra sentrifuger (middeverdier)

Anlegg	Innløpsvann (årsmiddel) KOF (mg/l)		Dekanteringsvann fra fortykkere KOF (mg/l)		Rejektvann fra sentrifuger KOF (mg/l)	
	Ufiltrert	Filtrert	Ufiltrert	Filtrert	Ufiltrert	Filtrert
FREVAR	319	108	1)	1)	3065	539
Gardermoen renseanlegg	708	136	3091	1758	4799	1990
Nordre Follo renseanlegg	403	118	12290	1241	1358	677
TAU	173	69	2)	2)	6853	2770
Åse renseanlegg	191	-	395	243	970	775

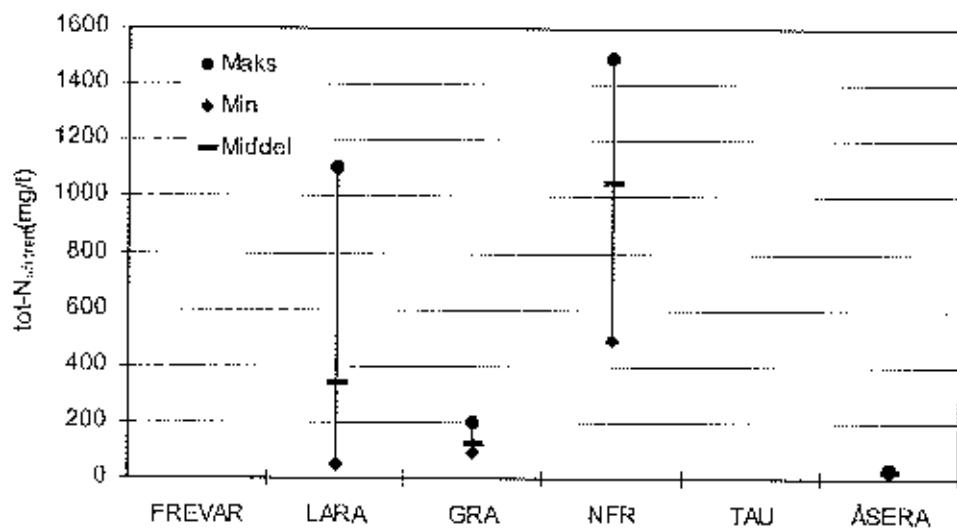
1) "Rejektvann fra centrifuge" er en blanding av dekanteringsvann og rejektvann

2) Ingen returstrøm fra fortykker

Tabellen viser at de to returstrømmene er fra 5 til 30 ganger mer koncentrert enn normale innløpskonsentrasjoner til renseanleggene.

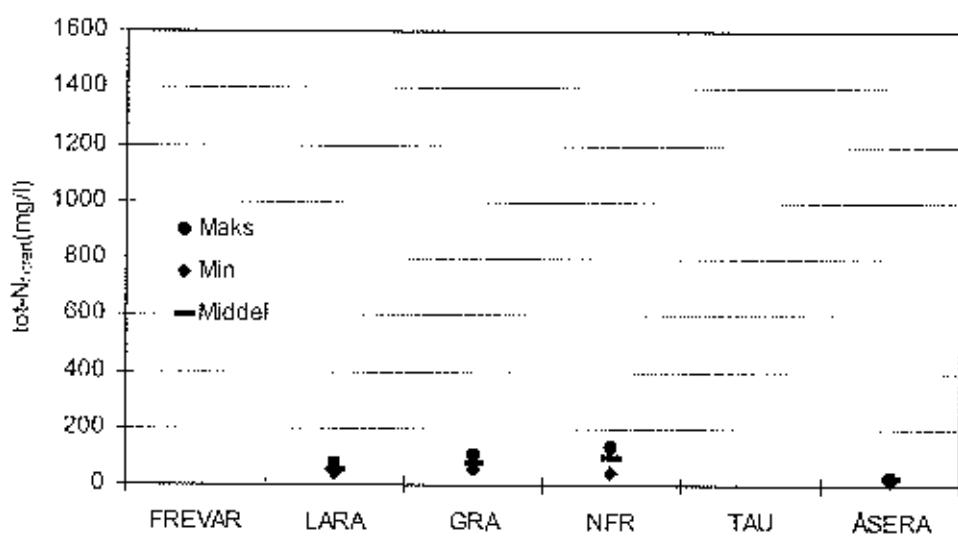
4.4. Nitrogen

Figur 4.7 og 4.8 viser konsentrasjonen av tot-N_{utfiltrert} og tot-N_{filtrert} i dekanteringsvann fra fortykkere.



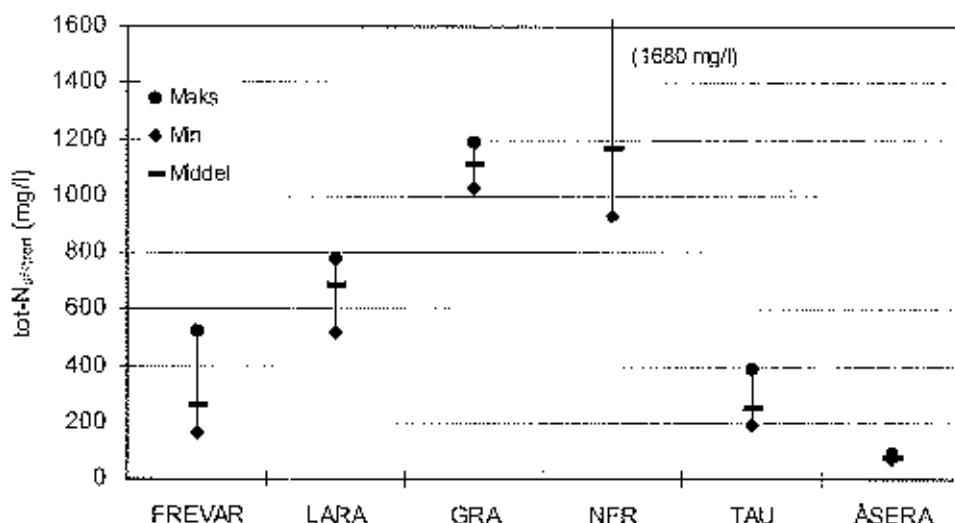
Figur 4.7 Konsentrasjonen av tot-N_{utfiltrert} i dekanteringsvann fra fortykkere

Også konsentrasjonen av total nitrogen er avhengig av innholdet av suspendert stoff. Anleggene med høyt innhold av suspendert stoff får derfor høye konsentrasjoner av tot-N. Den løste nitrogenfraksjonen varierer i området 25 – 159 mg/l. Av den oppløste nitrogenfraksjonen utgjør ammonium i gjennomsnitt ca 70 %. Det øvrige er organisk bundet nitrogen.



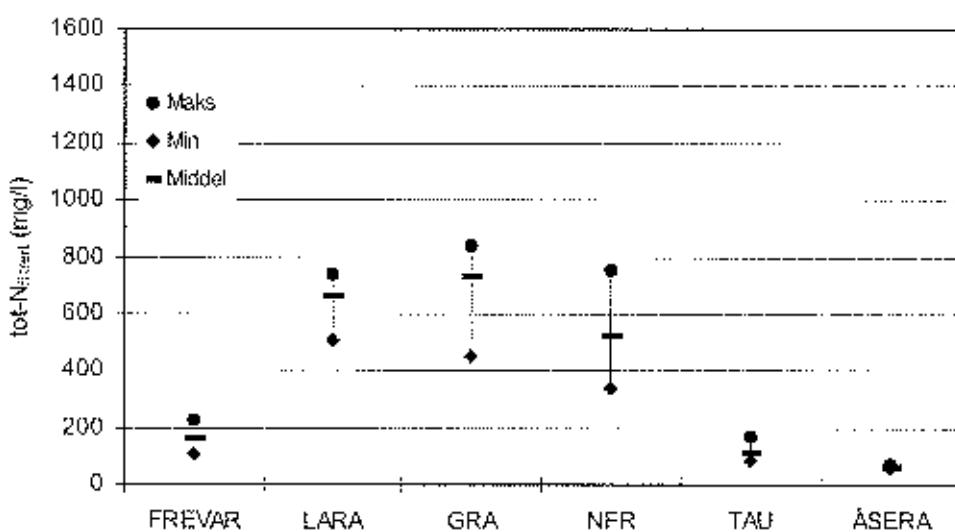
Figur 4.8 Konsentrasjonen av løst nitrogen (tot-N_{filtrert}) i dekanteringsvann fra fortykkere

Figur 4.9 og figur 4.10 viser konsentrasjonen av hhv. tot-N og løst tot-N (tot-N_{filtrert}) i rejektvann fra centrifuge.



Figur 4.9 Konsentrasjonen av tot-N_{filtrert} i rejektvann fra sentrifuger

Det er en klar forskjell mellom anleggene med og uten rånetank mht. konsentrasjonen av tot-N. Som følge av den anaerobe nedbryningsprosessen i rånetanker, vil nitrogenkonsentrasjonen øke i slammvannet. På Ladehammeren, Gardermoen og Nordre Follo renseanlegg (FREVAR har en blanding av dekanteringsvann fra fortykker og rejektvann fra centrifuge) ligger gjennomsnittskonsentrasjonen av tot-N_{filtrert} (figur 4.9) i rejektvannet i området 690 – 1169 mg/l , mens den på TAU og Åse renseanlegg varierer i området 78 – 259 mg/l.



Figur 4.10 Konsentrasjonen av løst nitrogen (tot-N_{filtrert}) i rejektvann fra sentrifuge

Innholdet av løste nitrogenforbindelser i anleggene med rånetank (Ladehammeren, Gardermoen og Nordre Follo renseanlegg, FREVAR har rånetank, men de viste data gjelder for

en blanding av dekanteringsvann fra fortykker og rejektvann fra centrifuge.) er betydelig høyere enn for anleggene som ikke har rånetank. Gjennomsnittskonsentrasjonen av løste nitrogenforbindelser på anleggene med rånetank varierer i området 523 – 733 mg/l, mens den for de andre anleggene ligger i området 64 – 117 mg/l. I tabell 4.4 er det gjort en sammenligning av gjennomsnittskonsentrasjonen av tot-N i hhv. innløpsvann og i de ulike returstrømmene. På FREVAR (blanding av dekanteringsvann og rejektvann) og TAU er nitrogenkonsentrasjonen i rejektvannet hhv. 10 og 13 ganger høyere enn i innløpsvannet. På Gardemoen renseanlegg og Nordre Follo renseanlegg er nitrogenkonsentrasjonen i rejektvannet hhv. 20 og 37 ganger høyere enn i innløpsvannet.

Tabell 4.4 Gjennomsnittskonsentrasjonen av ufiltrert og filtrert tot-N i hhv. innløpsvann og ulike returstrømmer

Anlegg	Innløpsvann		Dekanteringsvann fra fortykker		Rejektvann fra centrifuge	
	tot-N (mg/l)		tot-N (mg/l)		tot-N (mg/l)	
	Ufiltrert	Filtrert	Ufiltrert	Filtrert	Ufiltrert	Filtrert
FREVAR	22	16	2)	2)	259	159
Gardemoen renseanlegg	49	35	128	79	1113	733
Nordre Follo renseanlegg	31	17	1051	102	1169	523
TAU	19	1)	3)	3)	259	117
Åse renseanlegg	12,7	1)	31	25	78	64

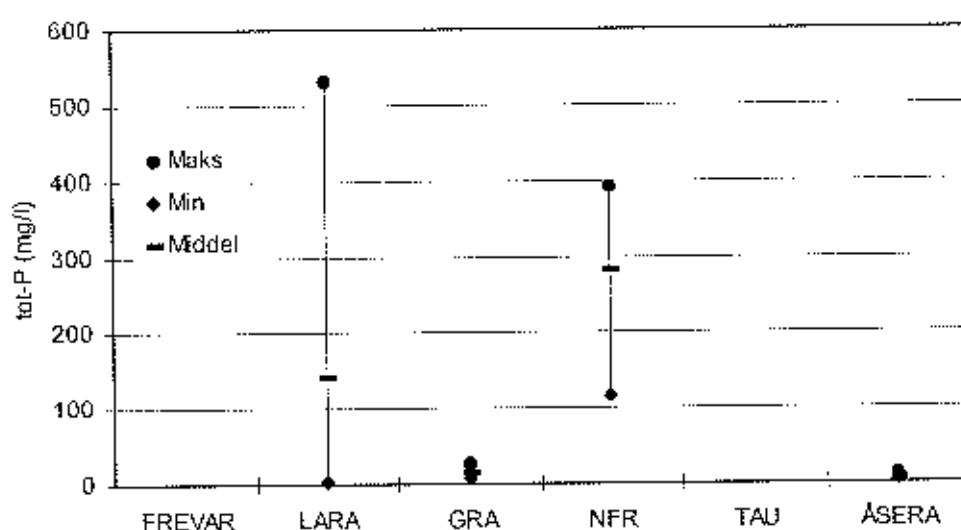
1)ingen data

2)"Rejektvann fra centrifuge" er en blanding av dekanteringsvann og rejektvann

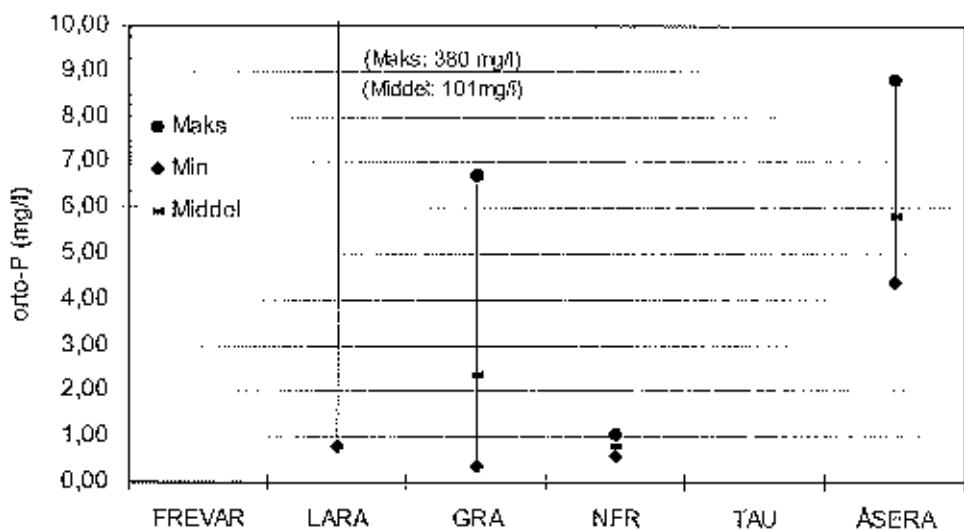
3)ingen returstrøm

4.5. Fosfor

Fosforinnholdet i dekanteringsvann og rejektvann er også betydelig høyere enn i normalt kommunalt avløpsvann. Returstrømmenes innhold av fosfor skaper imidlertid sjeldent problemer på renseanleggene. Et høyt innhold av total fosfor er også et uttrykk for høyt innhold av suspendert stoff. I figurene 4.11, 4.12, 4.13 og 4.14 er innholdet av hhv. totalfosfor og ortofosfat i dekanteringsvann og rejektvann vist.

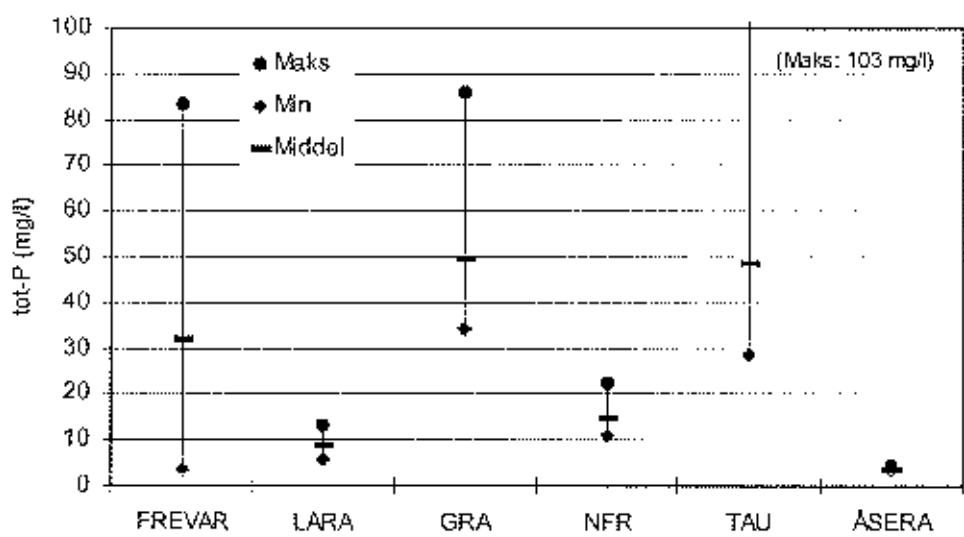


Figur 4. 11 Innhold av totalfosfor i dekanteringsvann fra fortykkere

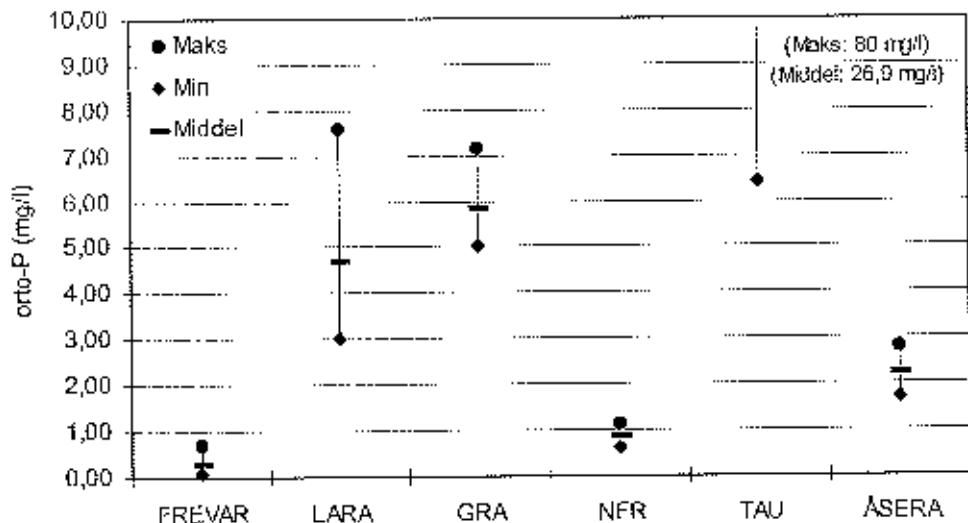


Figur 4.12 Innhold av ortofosfat i dekanteringsvann fra forlykkere

På Ladehammeren renseanlegg har det sannsynligvis vært slamflukt fra forlykken i prøvetakingsperioden 06.09.99. I denne perioden var tot-P og orto-P hhv. 530 mg/l og 380 mg/l. I de øvrige prøveseriene varierte tot-P konsentrasjonen i området 2,1 – 30 mg/l. Orto-P koncentrasjonen varierte i området 0,78 – 30 mg/l.



Figur 4.13 Innhold av totalfosfor i rejektvann fra centrifuger



Figur 4.14 Innhold av ortofosfat i rejektvann fra centrifuger

Tabell 4.5 viser midlere innløpskonsentrasjon for totalfosfor og ortofosfat sammen med variasjonsområdet for de samme parametre i returstrømmene. Innholdet av løst fosfor (ortho-P) i returstrømmene er lavt. TAU har en prøve med en orto-P konsentrasjon på 80 mg/l, denne prøven har også høye konsentrasjoner for samtlige av de andre parametriene. Ortho-P konsentrasjonen i de øvrige prøvene varierer i området 6,4 – 12,8 mg/l.

For øvrig er det fosfor i partikulær form som utgjør fosforbelastningen fra returstrømmene.

Tabell 4.5 Gjennomsnittskonsentrasjonen av hhv. totalfosfor og ortofosfat i innløpsvann og variasjonsområde for de samme parametre i returstrømmene

	Innløpsvann (Årsmiddel)		Dekanteringsvann		Rejektvann	
	tot-P (mg/l)	ortho-P (mg/l)	tot-P (mg/l)	ortho-P (mg/l)	tot-P (mg/l)	ortho-P (mg/l)
FREVAR	2,45	1,38	2)	2)	3,4-83	0,07-0,7
Ladehammeren renseanlegg	2,80	1)	2,1-530	0,78-380	5,5-13	3,0-7,6
Gardermoen renseanlegg	7,8	1)	8,7-25,2	0,36-6,69	34-86	5,0-7,2
Nordre Follo renseanlegg	3,05	1)	117-390	0,61-1,15	11,1-22,3	0,6-1,2
TAU	2,58	1)	3)	3)	28,4-103	6,4-80
Åse renseanlegg	7,47	1)	4,6-10	1,7-2,8	3,3-4,2	1,7-2,8

1)Ingen data

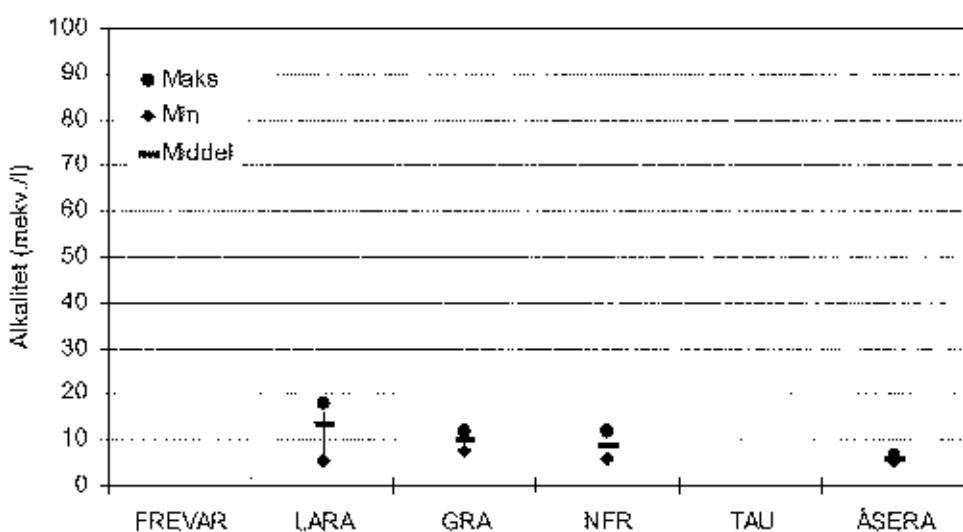
2)"Rejektvann fra centrifuge" er en blanding av dekanteringsvann og rejektvann

3)Ingen returstrøm

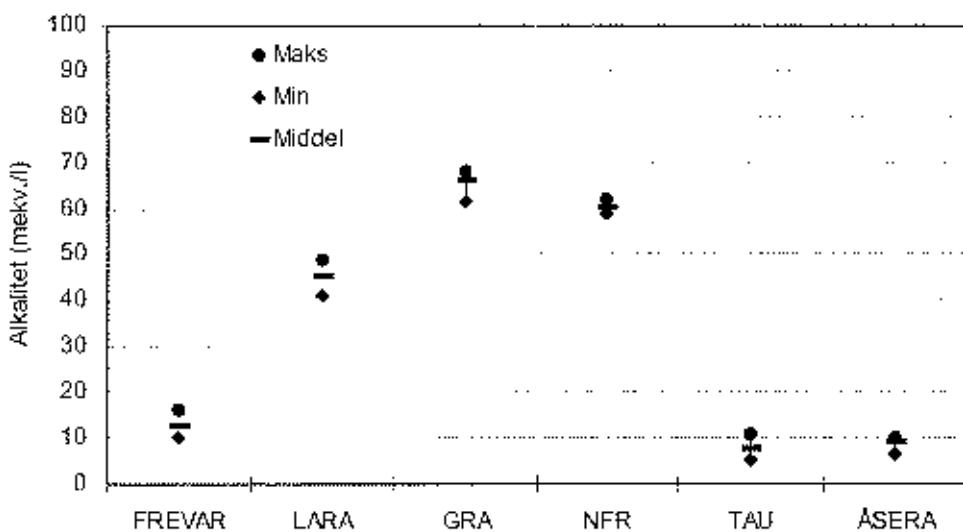
4.6. Alkalitet

Sammenlignet med normal alkalitet i kommunalt avløpsvann, ligger alkaliteten i returstrømmene høyere. Spesielt gjelder dette rejektvann fra avvanning av slam som har passert råtnetanker. Dette kan få betydning for den kjemiske fellingsprosessen ved at man får et øket

behov for fettingskjemikalier. Figur 4.15 og 4.16 viser alkalisiteten i dekanteringsvann og rejektvann.



Figur 4.15 Alkalitet i dekanteringsvann fra fortykkere



Figur 4.16 Alkalitet i rejektvann fra centrifugor

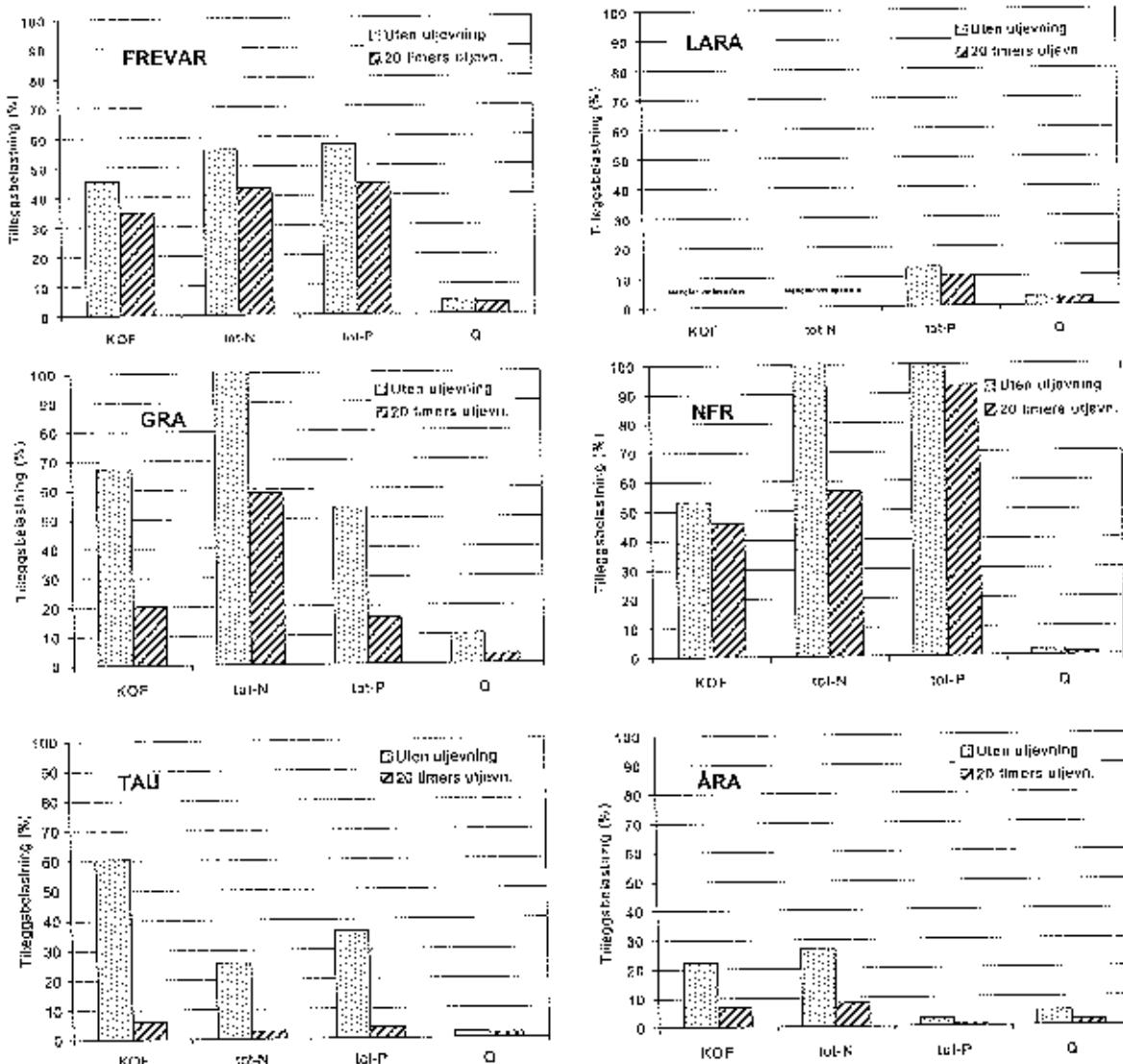
4.7. Belastning fra returstrømmene

For å vurdere betydningen av returstrømmene på et renseanlegg, bør det gjøres en sammenligning av tilført forurensningsmengde til anlegget og tilførselen fra returstrømmene. En eksakt beregning krever et omfattende grunnlagsmateriale. I forbindelse med forsøksdrift med forfelling og 2-trinnsfelling ble det gjennomført en kartlegging av returstrømmenes betydning på HIAS-anlegget (Lien, 1994). I perioden med forfelling utgjorde returstrømmene (dekanteringsvann fra fortykkere og rejektvann fra slamavvanningen) ca. 30 – 45 % av stoffbelastningen på anlegget. Ved normal etterfelling utgjorde returstrømmene 16 – 23 % av stoffbelastningen. Dette viser at returstrømmene kan utgjøre en vesentlig andel av totalbelastningen. Med utgangspunkt i registreringene som ble gjort i forbindelse med prøvetakingen på de ulike anleggene, samt data fra utslippskontrollen i 1998, er det gjort en beregning av den prosentvise tilfeggsbelastningen på timebasis (middeldøgn) som returstrømmene

representerer på de ulike anleggene. I tillegg er det gjort en beregning av hvilken effekt en hydraulisk utjevning av returstrømmene vil ha. Beregningene gjelder for den faktiske belastningssituasjon som gjelder for renseanlegget. Følgende forutsetninger gjelder for beregningene:

- Tiført forurensningsmengde (på timebasis) til anleggene er beregnet ut fra midlere inntøpskonsentrasjon for de ulike forurensningsparametene i 1998 og midlere timevannføring i prøvetakingsperioden.
- Den prosentvise tilleggsbelastningen er beregnet som forholdet mellom forurensningsmengden i returstrømmene og tiført forurensningsmengde på timebasis.
- På anlegg med gravitasjonsfortykkere er det forutsatt en tilnærmet konstant returføring av dekanteringsvann
- Enkelte av anleggene har utjevningsbasseng for returstrømmene. Dette er det sett bort fra for å få fram den faktiske tilleggsbelastningen uten noen form for tiltak

Figur 4.17 viser den prosentvisе tilleggsbelastningen av organisk stoff (KOF), nitrogen (tot-N), fosfor (tot-P) og vannføring (Q)



Figur 4.17 Beregnet tilleggsbelastning fra returstrømmene

For samtlige anlegg bortsett fra Åse renseanlegg representerer returstrømmene en betydelig tilleggsbelastning. Gardermoen renseanlegg benytter fortykkermaskin som foreløpig er i drift 2 – 3 timer pr. dag. Hvis rejektvannet fra denne føres tilbake uten utjevning sammen med rejektvannet fra centrifugen, blir det en stor tilleggsbelastning i en kort periode. Anlegget har imidlertid eget utjevningsbasseng for returstrømmene. For Nordre Follo renseanlegg er det særlig kvaliteten på dekanteringsvannet fra fortykkeren som er hovedårsaken til den store tilleggsbelastningen. For TAU er det kvaliteten på rejektvannet fra centrifugen som er hovedårsaken til tilleggsbelastningen. Figuren viser også at den faktiske vannmengden som returstrømmene representerer, ikke er noen hydraulisk tilleggsbelastning av betydning.

Ved å foreta en utjevning slik at returstrømmene føres tilbake i løpet av 20 timer, oppnås en reduksjon i den prosentvisje belastningen på timebasis på alle anlegg. For å redusere tilleggsbelastningen er imidlertid en forbedring av kvaliteten på returstrømmene det viktigste tiltaket. I denne undersøkelsen er det i utgangspunktet god kvalitet på returstrømmene ved Åse renseanlegg, slik at på dette anlegget vil utjevning medføre en betydelig reduksjon i tilleggsbelastningen. Dette anlegget har eget utjevningsbasseng.

5. Håndtering av returstrømmer – tiltak

5.1. Generelt

Prøvetakingsrundene som er gjennomført på de 6 anleggene som inngår i undersøkelsen, viser at tradisjonelle gravitasjonsfortykkere representerer det største "returstrømproblemets" på disse anleggene. Dette er også i overensstemmelse med det generelle inntrykket fra norske renseanlegg. Hovedårsaken til dette er at fortykkere ikke drives i tråd med dimensjone-ringsforutsetningene, og ofte fungerer fortykkeren som et buffervolum for slam.

Slamavvanningen (sentrifugering) virker i mindre grad å være et problem. Dette har sammenheng med at ved å variere ulike driftsparametre (polymertype, polymerdose og innpum-pet slammengde) er det i de fleste tilfeller mulig å oppnå tilstrekkelig høyt TS-innhold i det avvannede slammet, samt en akseptabel kvalitet på rejektvannet. Ofte fokuseres for mye på TS-innholdet i avvannet slam uten å ta hensyn til rejektvannets kvalitet. Imidlertid vil denne driftsformen ofte medføre for høye driftskostnader på grunn av unødig høyt polymerforbruk.

Undersøkelsen viser at driftsproblemer i fortykkerdelen lett forplanter seg til avvanningen. Driftsstabiliteten i fortykkerdelen er derfor et hovedmoment for å oppnå en god kontroll over returstrømmene.

For å løse returstrømproblemene kan man velge følgende hovedstrategier:

1. Gjennomføre optimaliseringstiltak på eksisterende prosessenheteter
2. Etablere nye prosesstrinn for behandling av returstrømmene evt. prosesstrinn som gir returstrømmer med bedre kvalitet

For å gjennomføre optimaliseringstiltak, må det utarbeides et driftsoppfølgingsprogram for disse prosessenhetene på samme måte som for avløps- eller slambehandling.

5.2. Fortykkere

Tradisjonelt er det gravitasjonsfortykkere som benyttes ved fortykking av slam, men i løpet av de siste 5 årene er det på flere norske renseanlegg tatt i bruk mekaniske fortykkermaski-ner. I det etterfølgende blir det beskrevet de viktigste oppfølgingsparametrene for gravita-sjonsfortykkere mens fortykkermaskiner blir omtalt sammen med centrifuger (kap. 5.3).

Gravitasjonsfortykkeren er en tilsynelatende enkel prosess. For renseanlegget sett under ett er det en nøkkelprosess i og med at slamvolumet gjennom fortykkingsprosessen blir redusert til 20 .. 30 % av opprinnelig volum som pumpes ut av sedimenteringsbassengene. Fortykkingsprosessen foregår ved sedimentering av slampartiklene. Man skiller mellom to hovedtyper av fortykkere:

- Diskontinuerlige fortykkere
- Kontinuerlige fortykkere

Ved diskontinuerlig fortykking pumpes slammet porsjonsvis inn i fortykkeren. Etter en fortykkingfasen på $\frac{1}{2}$ - 1 døgn, kan dekanteringsvannet i den øvre del av fortykkeren trekkes av og føres tilbake til renseprosessen, mens det fortykkede slammet føres videre i slambehandlin-gen. Diskontinuerlig fortykking benyttes i første rekke på små renseanlegg og vil ikke bli omtalt i det etterfølgende.

Ved den kontinuerlige fortykkingen foregår hyppig innpumping av slam til fortykkeren. Dekantering av klarvannsfase foregår ved fortrenngning av slamvann ved innpumping av slam.

Kontinuerlig fortykking er en enkel og lite teknisk "avansert" prosess med få variable som kan påvirkes. Dette har medført at driftsovervåkning og prosessoptimalisering av disse enhetene er et forsømt kapittel. En forutsetning for å kunne optimalisere driften av en fortykker er at det etableres et tilstrekkelig antall prøvetakingspunkter. Tabell 5.1 viser en oversikt over nødvendige prøvepunkter.

Tabell 5.1 Nødvendige måle- og prøvetakingspunkter for optimalisering av fortykkerdrift

Prøvepunkt	Posisjon	Hensikt med prøve/målepunkt
1	Pumpeledning inn til fortykker	- Registrere innpumpet slammengde til fortykker - Uttak av slamprøver
2	Pumpeledning ut av fortykker	- Registrere utpumpet mengde fortykket slam - Uttak av slamprøver
3	På oppsamlingsrøret for dekanteringsvann (etter avdragsrennene)	- Uttak av prøver av dekanteringsvann

Det er en forutsetning for optimalisering av fortykkerdriften at de foran nevnte prøvepunktene etableres, og benyttes regelmessig.

Prøvepunkt 1 og 2:

Innpumpet/ulpumpet slammengde kan i teorien registreres ved hjelp av pumpekapasitet og pumpetid. Det anbefales imidlertid å benytte en gjennomstrømningsmåler for direkte registrering. Slammets TS-innhold kan enten bestemmes ved automatiske målere eller ved uttak av manuelle/automatiske prøver som i etterkant analyseres på vanlig måte. En forutsetning ved bruk av automatiske TS-målere er at disse kalibreres rutinemessig. Ved uttak av slamprøver bør det benyttes prøvetakere som er utformet for å ta ut representative slamprøver.

Prøvepunkt 3:

Dekanteringsvannets kvalitet er en nøkkelpараметer. Prøvepunktet må derfor etableres slik at det blir mulig å ta ut representative prøver av hele vannstrømmen. På mange eksisterende renseanlegg er det dessverre tilnærmet umulig å etablere et prøvepunkt som tilfredsstiller disse kriteriene.

Viktige overvåkningsparametere er som følger:

Hydraulisk overflatebelastning:

$$R_a = \frac{q}{A} \text{ (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{time)}$$

q: Innpumpet slammengde, m³/time

A: Overflateareal av fortykker, m²

Ved vurdering av den hydrauliske overflatebelastningen må man ta utgangspunkt i maksimal momentan belastning pr. tidsenhet og omregne denne til ekvivalent timebelastning. Normalt bør hydraulisk overflatebelastning på en gravitasjonsfortykker være lavere enn 0,5 – 0,75 m³/m² · time.

Tørrstoffbelastning:

$$R_{TS} = \frac{Q \cdot TS_{inn}}{A} \text{ (kgTS/m}^2 \cdot \text{døgn)}$$

Q: Innpumpet slammengde, m³/døgn

TS_{inn}: Tørrstoffkonsentrasjon i innpumpet slam, kgTS/m³

A: Overflateareal av fortykker, m²

R_{TS} angir hvor mange kg tørrstoff som tilføres hver m² fortykkeroverflate pr. døgn. For de vanligste slamtypene på norske renseanlegg er det anbefalte grenser mht. tørrstoffbelastning.

Tabell 5.2 Anbefalte belastningsgrenser for tørrstoffbelastning på kontinuerlige gravitasjonsfortykkere (SFT, 1983)

Slamtype	Tørrstoffbelastning (kgTS/m ² · døgn)
Biologisk slam (aktiv slam)	≤ 25
Biologisk slam (biofilm)	≤ 50
Kjemisk slam	≤ 25
Mekanisk – kjemisk slam	≤ 50
Mekanisk – biologisk – kjemisk slam	≤ 50

Slamoppholdstid:

$$T = \frac{\text{Slamvolum i slamfortykker (m}^3\text{)}}{\text{Utpumpet slammengde pr. døgn (m}^3\text{/døgn)}} \text{ (døgn)}$$

For å beregne slamvolumet i slamfortykeren, må slamspeilnivået måles. Dette kan for eksempel gjøres ved hjelp av et slamlodd. Ved å multiplisere slamspeilnivået over bunnen av fortykeren og overflatearealet får man slamvolumet i fortykeren. Utpumpet slammengde fås ved avlesning av mengdemåler i prøvepunkt 2. Beregnet slamoppholdstid vil kunne variere fra dag til dag og bør derfor vurderes på grunnlag av en middelverdi i løpet av en 14-dagers periode. Normal slamoppholdstid i sommerperioden bør være 0,3 – 1 døgn og i vinsterperioden 0,5 – 2 døgn. Høyere vanntemperatur i sommerperioden gjør at det er muligheter for uønsket biologisk aktivitet, slamoppholdstiden bør derfor reduseres i denne perioden.

Avskillingsgrad:

$$A = \frac{\text{Utpumpet TS - mengde fra fortykker (tonn TS/døgn)}}{\text{Tilført TS - mengde til fortykker (tonn TS/døgn)}} \cdot 100 \text{ (%)}$$

Avskillingsgraden er et uttrykk for fortykkers effektivitet. Tilført og utpumpet TS-mengde beregnes på grunnlag av registrerte mengder og TS-konsentrasjoner i prøvepunkt 1 og 2.

Avskillingsgraden bør være høyere enn 90 – 95 %. Ved lavere avskillingsgrad vil dekantervannet inneholde store mengder suspendert stoff.

Kvalitet på dekanteringsvann:

Innholdet av suspendert stoff i dekanteringsvannet er en god indikator på fortykkerens funksjon. Ved god drift av en fortykker skal innholdet av suspendert stoff ligge i området 100 – 500 g SS/m³ (mg SS/l).

Driftsoppfølging av en fortykker innebærer at det må gjennomføres et oppfølgingsprogram på samme måte som for andre prosessenhetter i renseanlegget. Et oppfølgingsprogram for fortykken kan omfatte:

Kontinuerlige målinger:

- Innpumpet/utpumpet slammengde
- Evt. TS-måler for de samme slamstrømmer

Anlyser/målinger:

- TS i døgnblandprøver av innpumpet/utpumpet slammengde, 2 ganger pr. uke
- Analyse av SS i dekanteringsvann, 1 gang pr uke
- Registrering av slamteppenivå, 2 ganger pr. uke

Beregninger:

- Hydraulisk overflatebelastning, daglig (forutsetter kontinuerlig måling og at dette gjøres i et automatisk driftsovervåningsprogram)
- Tørrststoffbelastning, 2 ganger pr uke
- Slamopp holdstid, 2 ganger pr. uke
- Avskillingsgrad , 2 ganger pr. uke

5.3. Mekaniske fortykkermaskiner og centrifugor

Som erstatning for gravitasjonsfortykkerne har en rekke anlegg tatt i bruk mekaniske fortykkermaskiner. Det vanligste her i landet er trommelsiler og fortykkersentrifuger. Ved fortykkermaskiner må det tilsettes polymer til slammet for å få en tilfredsstillende gjenvinningsgrad (lavt SS-innhold i rejektvannet).

Før og etter fortykkermaskiner er det vanligvis et buffer/blandebasseng.

De ulike maskinvariable som kan benyttes for innstilling av fortykkermaskiner og avsnittsentrifuger, varierer fra maskintype til maskintype. For generell driftsovervåkning av disse maskinene er det behov for følgende prøvetakingspunkter:

Tabell 5.3 Nødvendige måle- og prøvetakingspunkter for optimalisering av fortykker-/avvanningsmaskin

Prøvepunkt	Posisjon	Hensikt med prøve/målepunkt
1	Pumpeledning inn til fortykker-/avvanningsmaskinen	- Registrere innpumpet slammengde - Uttak av slamprøver
2	Fast posisjon for uttak av prøver av fortykket/avvannet slam	- Uttak av prøver av fortykket/avvannet slam
3	På oppsamlingsrøret for rejektvann	- Uttak av prøver av rejektvann

Det er en forutsetning for optimalisering av driften at de foran nevnte prøvepunktene etableres og benyttes regelmessig.

De viktigste overvåkningsparametrene er:

Inngående tørrstoffmengde:

$$M_{TS\text{inn}} = TS_{\text{inn}} \cdot Q_{\text{inn}}$$

$M_{TS\text{inn}}$ = inngående mengde tørrstoff, kg TS/d

TS_{inn} = tørrstoffinnhold i inngående slam, kg TS/m³

Q_{inn} = inngående slammengde, m³/d

Inngående tørrstoffmengde sammenlignes med maskinenes dimensjonerende kapasitet. Den kan beregnes automatisk i databaserte driftskontrollprogrammer eller på grunnlag av manuelle målinger/registreringer.

Spesifikt polymerforbruk:

$$P = \frac{\text{Dosering} \cdot C}{M_{TS\text{inn}}}$$

P = spesifikt polymerforbruk, g/kg TS

Dosering = polymerdosering, m³/d

C = konsentrasjon på polymerløsning som doseres, g/m³

$M_{TS\text{inn}}$ = inngående mengde tørrstoff, kg TS/d

På anlegg der avvannet slammengde kan beregnes direkte ut fra vektregistreringer kan dette brukes i stedet for inngående TS-mengde.

Gjenvinningsgrad:

Gjenvinningsgraden er kanskje den viktigste driftskontrollparameteren for fortykker-/avvanningsmaskiner. Gjenvinningsgraden er forholdet mellom fortykket/avvannet tørrstoffmengde og tørrstoffmengden som pumpes fram til maskinen. Generelt ønsker man en høyest mulig gjenvinningsgrad for å unngå resirkulering av slam tilbake til innløpet av anlegget.

Gjenvinningsgraden beregnes etter en av følgende formler:

$$A = \frac{TS_k(SS_{inn} - SS_i)}{SS_{inn}(TS_k - SS_i)} \cdot 100 \%$$

TS_k = tørrstoffinnhold i fortykket slam/slamkake (%)

SS_{inn} = suspendert stoff i inngående slam (%)

SS_i = suspendert stoff i rejektvann (%)

Gjenvinningsgraden kan også beregnes etter en forenklet formel, og normalt er denne tilstrekkelig i driftssammenheng:

$$A = 100 \cdot \left(1 - \frac{SS_i}{SS_{inn}}\right) \%$$

Konsentrasjonen av suspendert stoff i rejektvannet fra fortykkermaskiner/sentrifuger bør ikke overstige ca. 1500 mg/l. Nedre grense for gjenvinningsgraden vil da variere med SS-konsentrasjonen i inngående slam. Normalt ligger akseptabel gjenvinningsgrad i området 97 – 98 % for centrifuger og > 96% for fortykkermaskiner.

Driftoppfølgingsprogrammet bør som minimum bestå av følgende:

Kontinuerlige målinger:

- Innpumpet slammengde
- Evt. TS-måler for innpumpet slam

Anlyser/målinger:

- TS i blandprøver av innpumpet slammengde, hver driftsdag
- Analyse av SS i rejektvann, hver annen driftsdag
- Polymerforbruk, hver driftsdag
- TS i blandprøver av avvannet slam, hver driftsdag

Beregninger:

- Inngående tørrstoffmengde, hver driftsdag
- Spesifikt polymerforbruk
- Avskillingsgrad, 2 ganger pr. uke

5.4. Utjevning av rejektvann

Som nevnt tidligere er det grenser for hvor langt det er mulig å "utjevne" seg vekk fra et kvalitetsproblem på returstrømmer. Dette innebærer at man må legge avgjørende vekt på å drive fortykker- og avvanningsenheter slik at returstrømmens kvalitet blir best mulig. Dette betinger at det etableres et tilfredsstillende driftsoppfølgingsprogram. Utjevning av returstrømmene er imidlertid gunstig selv om kvaliteten ligger innenfor akseptable kvalitetsgrenser. Ved å utjevne frigjøres kapasitet slik at for eksempel tilknytningen til anlegget kan økes. Utjevning er viktigere jo mindre anleggene er og jo mer eksternslam (før eksempel septikslam) som tas imot. Ved utjevning bør det legges vekt på:

- Full døgnutjevning ved dimensjonerende kapasitet

- Tilbakeføringen fra utjevningsbassengen må ha variabel kapasitet slik at denne til enhver tid kan tilpasses den faktiske belastningen
- Utjevningsbassengen bør utstyres med strømsetter som kjøres med jevne mellomrom for å hindre sedimentering

5.5. Behandling av returstrømmer

Separat behandling av returstrømmene er særlig aktuelt på anlegg med krav om fjerning av organisk stoff og/eller nitrogen. Hvis det ikke er mulig å oppnå tilfredsstillende kvalitet på returstrømmene på kjemiske anlegg, er separat behandling et alternativ. Fram til nå har separat biologisk behandling i aktivslamanlegg (SBR-anlegg) vært dominerende i utlandet. Dette har sannsynligvis sammenheng med at anleggstypen er godt tilpasset intermittent drift av avvanningsmaskiner samtidig som det er mulig å tilpasse eksisterende ledige bassengvolumer til denne anleggstypen. Det kan ikke gis generelle regler for dimensjonering, men det er vanlig å utforme anleggene slik at det kan gjennomføres 3 driftssykluser pr. dag. Det henvises for øvrig til kapittel 2.1 og 2.2 for nærmere beskrivelse av anleggstypen.

Ammoniakkstripping har vist seg godt egnet for behandling av returstrømmer med høyt innhold av nitrogen. Ammoniakkstripping er en fysisk-kjemisk nitrogenfjerningsmetode, og den kan deles i tre prosesstrinn:

1. Heving av pH i returstrømmen slik at nitrogen foreligger som ammoniakk i vannfasen. Normalt gjøres dette ved tilsetning av kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) eller natriumhydroksid (NaOH)
2. Ammoniakkgassen drives av i et strippetårn
3. Ammoniakkgassen blir vasket med en syrefløsing i et absorpsjonstårn. På VEAS benyttes salpetersyre (HNO_3). I denne prosessen produseres ammoniumnitrat (NH_4NO_3) som i dette tilfellet selges videre som råstoff for fullgjødselproduksjon (Ryrfors, 1999)

Metoden er særlig aktuell der kalk benyttes til kondisjonering av slam. Det betinger også en viss anleggsstørrelse slik at det blir mulig å få avsetning på avfallstoffet som produseres.

På VEAS har bruk av ammoniakkstripping på filtratvannet fra slamavvanningen medført en redusert belastning av ammonium på det biologiske nitrogenfjerningstrinnet (Ryrfors, 1999).

Som grunnlag for dimensjonering av alle typer behandlingsanlegg for returstrømmer kreves informasjon om mengde og sammensetning. På et eksisterende renseanlegg bør det derfor i forkant av dimensjoneringen gjennomføres en kartlegging av returstrømmene og analyse av følgende parametre:

- Organisk stoff: KOF og BOF_7 (filtrert og ufiltrert)
- Nitrogen: tot-N (filtrert og ufiltrert), $\text{NH}_4\text{-N}$
- Fosfor: tot-P, orto-P
- Alkalitet og pH
- Suspenderd stoff
- Mengde- og variasjonsmønster

5.6. Nye teknikker for å bedre kvaliteten på rejektvannet ved avvanning

På enkelte anlegg er det gjort forsøk med å tilsette et konvensjonelt fellingskjemikalium (PAX, PIX el. JKL) til slammets foran avvanningsmaskinen (sentrifuge) (Næss, 1999). Pr. i dag foreligger i første rekke resultater fra kontrollerte forsøk i lab.skala, samt noe resultater fra fullskala tester. I følge kjemikalieleverandøren virker resultatene så langt positive, TS i avvannet slam øker noe, og innholdet av SS i rejektvannet avtar. Det samme gjør polymer-

forbruket ved avvanningen. En forutsetning for at denne teknikken kan benyttes, er at materialkvaliteten i avvanningsmaskinen er tilpasset fellingskjemikaliet (for eksempel ved bruk av JKL). Det er imidlertid behov for mere kontrollerte undersøkelser ved fullskala anlegg for å klarlegge muligheter og begrensninger med denne metoden.

6. Litteratur

Lien, O.: "Forsøk med forfelling og felling i 2 trinn med polyaluminiumklorid høsten 1993. Kartlegging av slam- og slamvannsstrømmer med og uten forfelling 1993-1994", NORVAR-rapport 45-1994, 1994

Mattsson,B. , Stensson, C. :"Behandling av rejektvatten, kan lösa Smögens kväveproblem" . Cirkulation No.2, (18), 1996

Næss, S.P.: Personlig kommunikasjon, 1999

Paulsrud, B. , Nedland, K.T.: "Separat behandling av slamvann fra septikslam. Fullskala erfaringer med aktivslamprosessen", Prosjektrapport 35/85, NTNPs Program for VAR-teknikk, Oktober 1985

Rusten, B.: "Separat behandling av slamvann fra septikslam. Biologisk rensing ved bruk av biorotor", Prosjektrapport 9/84, NTNPs Program for VAR-teknikk, Desember 1983

Ryrfors,P.: " Behandling av returstrømmer i et anlegg for nitrogenfjerning", Foredrag på konferansen "Nitrogenfjerning og biologisk fosforfjerning", Oslo, 2-4 februar, 1999

Sagberg,P., Ryrfors, P., Berg, K.G. : "The massbalance of Nitrogen and Carbon in a Compact Nitrogen and Phosphorus WWTP. In: H.H. Hahn, E. Hoffmann and H. Ødegaard (Eds.) Chemical and Wastewater Treatment. Springer Verlag, (231 – 242), 1998

Storhaug, R.: "Separat behandling av slamvann fra septikslam. Biologisk rensing med aktivslam", Prosjektrapport 14/84, NTNPs Program for VAR-teknikk, Juni 1984

Storhaug, R.: "Separat behandling av slamvann fra septikslam. Rensing med anaerobe filter", Prosjektrapport 22/85, NTNPs Program for VAR-teknikk, Mars 1985

Svahn, B.: Personlig kommunikasjon, 1999

Thorndahl, U.: " Nitrogen removal from Returned Liquors", Journal of the Institution of Water and Environmental Management, Vol. 7, No. 5 (492-496), 1993

Wendum, K.: "Separat behandling av slamvann fra septikslam. Forbehandling med fotooksydasjon", Prosjektrapport 15/84, NTNPs Program for VAR-teknikk, August 1984

Wett, B., Rostek,R., Rauch, W., Ingerle, K.: " pH-Controlled reject-water treatment" ,Water Science and Technology, Vol. 37, No 12, (165-172), 1998

Vedlegg 1: Analyseresultater fra anleggene

FREVAR											
DATO	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Orto-P (mg/l)	tot-N uritr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF uritr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekvl)	
	Felles	Felles	Felles	Felles	Felles	Felles	Felles	Felles	Felles	Felles	
05.08.99	808	1,20	0,21	161	112	104	1425	580	6,9	10,2	
12.08.99	1688	24,80	0,10	163	144	128	2485	548	7,2	12,1	
19.08.99	3670	43,10	0,20	197	103	102	4500	438	6,8	10,2	
31.08.99	3375	83,30	0,07	526	202	-	6570	512	7,1	16,4	
02.09.99	1930	25,00	0,53	274	225	206	2700	657	7,3	15,4	
14.09.99	255	3,44	0,70	215	166	141	302	498	-	-	
Maks	3670	83,30	0,70	526	225	206	6570	687	7,3	16,4	
Min	255	3,44	0,07	161	103	102	702	438	6,8	10,2	
Middel	1954	31,81	0,30	259	159	136	3065	538	7,1	12,9	
Ladehammaren ra											
DATO	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Orto-P (mg/l)	tot-N uritr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF uritr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekvl)	
	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	
23.08.99	240	2,10	0,78	47	42	28	760	580	-	5,3	
30.08.99	800	10,00	5,00	110	78	47	2600	1400	-	16,0	
06.09.99	34000	530,00	380,00	1100	54	-	8500	1600	-	-	
13.09.99	1900	30,00	19,00	110	42	41	2500	650	-	18,0	
Maks	34000	530,00	380,00	1100	78	47	8500	1600	-	18,0	
Min	240	2,10	0,78	47	42	28	760	580	-	5,3	
Middel	9235	143,03	101,20	342	57	39	3580	1050	-	13,1	
Gardermoen ra											
DATO	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Orto-P (mg/l)	tot-N uritr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF uritr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekvl)	
	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	
30.08.99	1002	8,86	1,34	92	64	-	2250	1860	-	9,1	
02.09.99	3500	9,80	1,08	109	88	-	4053	1860	-	11,8	
06.09.99	1275	25,15	0,38	112	57	-	2680	1730	-	11,5	
09.09.99	1567	18,50	6,69	110	107	71	2780	1580	-	7,4	
Maks	3560	25,15	6,69	199	107	71	4653	1860	-	11,8	
Min	1002	8,66	0,36	92	57	71	2250	1580	-	7,4	
Middel	1851	15,53	2,37	128	79	71	3091	1758	-	10,0	
Åse ra											
DATO	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Orto-P (mg/l)	tot-N uritr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF uritr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekvl)	
	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	
24.08.99	170	4,50	4,40	30	25	23	420	250	-	5,5	
31.08.99	190	4,00	4,40	22	17	14	320	210	-	5,2	
07.09.99	220	5,80	5,80	33	27	22	380	230	-	5,9	
14.09.99	270	10,00	8,80	39	31	27	480	280	-	6,7	
Maks	270	10,00	8,80	39	31	27	480	280	-	6,7	
Min	170	4,50	4,40	22	17	14	320	210	-	5,2	
Middel	213	6,23	5,85	31	25	22	395	243	-	5,8	
Nordre Follo ra											
DATO	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Orto-P (mg/l)	tot-N uritr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF uritr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekvl)	
	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	
	(FS)										
29.09.99	29100	330,00	0,56	1400	117	48	12800	960	-	9,2	
01.10.99	12700	117,00	0,57	494	43	22	10360	603	-	5,6	
04.10.99	24200	290,00	1,05	1010	134	68	12000	2280	-	9,2	
05.10.99	11600	380,00	1,01	1210	115	58	14000	1090	-	11,8	
Maks	29100	380,00	1,05	1490	134	68	14000	2280	-	11,8	
Min	11600	117,00	0,56	494	43	22	10360	603	-	5,8	
Middel	19400	281,75	0,80	1051	102	49	12290	1233	-	9,0	
TAU											
DATO	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Orto-P (mg/l)	tot-N uritr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF uritr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekvl)	
	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	Fortykker	
25.08.99	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	-	i.d.	
07.09.99	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	-	i.d.	
15.11.99	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	-	i.d.	
16.11.99	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	-	i.d.	
Maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Min	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Middel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

FREVAR												
DATO	TS-fort (%)	TS-sentr (%)	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Ortho-P (mg/l)	tot-N ufiltr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF ufiltr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekv/l)
	Fortykker	Sentrifuge										
05.08.99	2,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.08.99	3,1	26,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.08.99	2,6	21,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31.08.99	3,6	20,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02.09.99	3,6	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.09.99	2,7	21,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maks	3,6	25,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Min	2,6	20,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Middel	3,0	22,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ladehømmeren ra												
DATO	TS-fort (%)	TS-sentr (%)	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Ortho-P (mg/l)	tot-N ufiltr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF ufiltr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekv/l)
	Fortykker	Sentrifuge	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann
23.08.99	5,0	37,0	170	5,50	3,00	520	510	258	980	810	41,0	
30.08.99	4,7	32,7	180	7,00	4,40	720	710	618	1200	1000	40,0	
06.09.99	3,9	31,5	190	9,10	3,80	700	740	612	1400	1200	40,0	
13.09.99	5,3	35,0	360	13,00	7,60	740	700	577	1700	1300	44,0	
Maks	37,6	360	13,00	7,60	780	740	618	1700	1300	49,0		
Min	31,5	170	5,50	3,00	520	510	258	980	810	41,0		
Middel	34,2	225	8,08	4,73	690	665	516	1320	1078	45,5		
Garderhøden ra												
DATO	TS-fort (%)	TS-sentr (%)	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Ortho-P (mg/l)	tot-N ufiltr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF ufiltr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekv/l)
	Fortykker	Sentrifuge	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann
30.08.99	5,0	25,9	1260	38,90	7,15	1082	818	800	4384	2040	58,0	
02.09.99	6,9	26,9	1350	40,00	5,02	1024	826	775	4318	1790	61,6	
08.09.99	4,3	25,4	1240	34,20	6,16	1192	449	-	4750	2200	58,0	
09.09.99	5,2	25,1	3075	86,00	5,04	1152	840	800	5745	1930	67,2	
Maks	6,9	25,9	3075	86,00	7,15	1192	840	800	5745	2200	68,0	
Min	4,3	25,1	1240	34,20	5,02	1024	449	775	4318	1790	51,6	
Middel	5,5	25,6	1731	48,78	5,86	1113	733	792	4799	1990	66,2	
Aas ra												
DATO	TS-fort (%)	TS-sentr (%)	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Ortho-P (mg/l)	tot-N ufiltr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF ufiltr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekv/l)
	Fortykker	Sentrifuge	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann
24.08.99	3,7	25,0	120	3,30	2,40	60	-	66	1100	820	10,0	
31.08.99			160	4,00	2,00	71	-	54	1100	800	9,6	
07.09.99	3,3	21,0	160	4,20	2,80	90	72	47	980	770	9,6	
14.09.99			88	3,30	1,70	70	55	47	600	530	8,6	
Maks	3,7	25,0	160	4,20	2,80	90	72	66	1100	820	10,0	
Min	3,3	21,0	88	3,30	1,70	70	55	47	690	530	6,6	
Middel	3,5	23,0	132	3,70	2,23	78	84	54	970	775	9,0	
Nordre Folle ra												
DATO	TS-fort (%)	TS-sentr (%)	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Ortho-P (mg/l)	tot-N ufiltr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF ufiltr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekv/l)
	Fortykker	Sentrifuge	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann
09.09.99			18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29.09.99	3,6	21,4	1840	13,70	1,13	927	752	-	1120	910	60,5	
01.10.99	3,6	20,8	2290	22,30	0,88	1120	437	346	1510	414	62,0	
04.10.99	3,7	24,3	2040	12,80	0,78	1080	567	434	1680	840	59,5	
05.10.99	3,9	25,2	1930	11,10	0,61	947	337	282	1120	545	58,0	
Maks	3,9	25,2	2290	22,30	1,15	1680	752	434	1680	910	82,0	
Min	3,6	20,8	1840	11,10	0,61	927	337	282	1120	414	58,0	
Middel	3,7	22,9	2025	14,98	0,86	1169	523	354	1358	677	80,3	
TAU												
DATO	TS-fort (%)	TS-sentr (%)	SS (mg/l)	tot-P (mg/l)	Ortho-P (mg/l)	tot-N ufiltr (mg/l)	tot-N filtr (mg/l)	NH4-N (mg/l)	KOF ufiltr (mg/l)	KOF filtr (mg/l)	pH	Alk (mekv/l)
	Fortykker	Sentrifuge	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann	Rejektvann
25.09.99	4,5	26,8	4000	33,00	12,80	189	89	89	4080	1830	7,9	
07.09.99	4,0	27,8	8800	103,00	8,00	300	170	106	11500	3790	11,0	
15.11.99	4,3	34,5	3800	28,40	6,40	216	98	62	3350	1830	5,1	
16.11.99	4,0	33,7	3500	30,90	8,40	231	83	51	2990	1200	6,9	
Maks	4,5	34,5	8800	103,00	20,00	390	170	166	11500	3790	11,0	
Min	4,0	28,8	3500	28,40	6,40	189	83	81	2990	1200	5,1	
Middel	4,2	30,7	4975	48,83	28,90	257	110	92	5480	2138	7,7	

NORVAR-rapporter

- Rapport nr. 1: Aktuelle metoder for myk start/stopp av store molerer.
- Rapport nr. 2: Betongnedbryting i kloakkpassenger.
- Rapport nr. 3: Register over industribedriller tilknyttet offentlig avløpsanett. Forprosjekt for PC-basert registrerings- og rapporteringssystem.
- Rapport nr. 4: Bruk av PC i avløpsanlegg. Eksempel på system for registrering og bearbeidelse av driftsdata.
- Rapport nr. 5: Arbeidsmiljø i kloakkrenseanlegg. Arbeid utført ved HIAS 1982–87.
- Rapport nr. 6: Organisasjons- og bemanningsplan for VAR-anlegg. Eksempel fra VAR-seiskapet HIAS.
- Rapport nr. 7: Datasentral og EDB på avløpsrenseanlegg. Forprosjekt.
- Rapport nr. 8: EDB i VA-sektoren. Samordnet innsats.
- Rapport nr. 9: NORVAR's årsberetning 1988.
- Rapport nr. 10: NORVAR's årsberetning 1989.
- Rapport nr. 11: Forfellingens innflydelse på veksten i et biofilmanlegg. Forsøk i laboratorieskala ved VEAS.
- Rapport nr. 12: NORVAR's årsberetning 1990.
- Rapport nr. 13: Prosess-styresystemer for VAR-anlegg. Forslag til kravspesifikasjon ut fra VAR-bransjens behov.
- Rapport nr. 13A: Prosess-styresystemer for VAR-anlegg. Funksjonsblokker for avløpsanlegg.
- Rapport nr. 13B: Funksjonsbeskrivelser for avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 13C: Funksjonsbeskrivelser for ledningsnett.
- Rapport nr. 14: Drift av anlegg i VAR-sektoren. Behov for kompetanse og opplæring. Anbefaling fra anleggseierne.
- Rapport nr. 15: Driftsovervåking av aktivert-karbonfilter
- Rapport nr. 16: EDB i VAR-teknikken, FDV – kravspesifikasjoner.
- Rapport nr. 17: EDB i VAR-teknikken. Driftskontrollenlogg for VA-transportsystemer. Innsamling og bearbeiding av data.
- Rapport nr. 18: EDB i VAR-teknikken. Sensorer og måleutstyr. Forprosjekt.
- Rapport nr. 19: EDB i VAR-teknikken. Økonomistyring i VAR-soklora.
- Rapport nr. 20: Slambehandling og -disponering ved store kloakkrenseanlegg. Hovedrapport.
- Rapport nr. 20A: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Aerob og anaerob behandling.
- Rapport nr. 20B: Slambehandling og -disponering ved store kloakkrenseanlegg. Kalking. Kompostering.
- Rapport nr. 20C: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Slamavvanning.
- Rapport nr. 20D: Slambehandling og -disponering ved store kloakkrenseanlegg. Termisk behandling av kloakkslam.
- Rapport nr. 21: NORVAR's årsberetning 1991.
- Rapport nr. 22: EDB i VAR-teknikken. Fase 1 – kravspesifikasjoner m.m. Statusbeskrivelse og forslag til videre arbeid.
- Rapport nr. 23A: Internkontroll for VA-anlegg. Mal for internkontrollhåndbok for VA-anlegg.
- Rapport nr. 23B: Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for avløpsanlegg. Eksempel fra Fredrikstad og Omegn Avløpsanlegg.
- Rapport nr. 23C: Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for vannverk. Eksempel fra Vansjø vannverk.
- Rapport nr. 23D: Internkontroll for VA-anlegg. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg.
- Rapport nr. 23E: Internkontroll for VA-anlegg. Helse, miljø og sikkerhet ved vannbehandlingsanlegg.
- Rapport nr. 23F: Internkontroll for VA-anlegg. Helse, miljø og sikkerhet ved avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 23G: Internkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks. Oltedalen kloakkrenseanlegg.
- Rapport nr. 23H: Internkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks. Smøla vannverk.
- Rapport nr. 23I: Internkontroll for VA-anlegg. Internkontroll for VA-transportsystemet. Eksempel på aktivitetsstyrende håndbok for avløpevirksomheten, Norder Elker kommune.
- Rapport nr. 24: NRV-prosjekt. Korrosjonskontroll ved vannbehandling med mikronisert marmor.
- Rapport nr. 25: NORVAR's Slamgruppe. Mal for prosessoppfølging av anlegg for stabilisering og hygienisering av slam.
- Rapport nr. 26: NORVAR's Slamgruppe. Installasjon av gassmotor for strømproduksjon ved avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 27: NORVAR's Slamgruppe. Mottak og behandling av avvannet råslam ved renseanlegg som hygieniserer og stabiliserer slam i væskeform.
- Rapport nr. 28: NORVAR's Slamgruppe. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt.
- Rapport nr. 29: Rapport fra SFT-prosjekt. Rengråvanksoverlop.
- Rapport nr. 30: Utvikling og utlesting av datasystem for informasjonsflyt i VA-sektoren. Erfaringer fra et pilotprosjekt.
- Rapport nr. 31: PRO-VA, Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. Oversikt pr. 1993. Leverandører – produkter – konsulenter. Referanseanlegg, litteratur, terminologi.
- Rapport nr. 32: Bruk av statistiske metoder (kjernometri) til å finne sammenhenger i analyseresultater for avløpsvann.
- Rapport nr. 33: Rapport fra SFT-prosjekt. Evaluering av enkle rensemetoder. Slamavskilere.
- Rapport nr. 34: Rapport fra SFT-prosjekt. Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/finrister.
- Rapport nr. 35: Kravspesifikasjon og kontrollprogram for VA-kjemikalier.
- Rapport nr. 36: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Filter som hygienisk barriere.
- Rapport nr. 37: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. EU/EØS, konsekvenser for Norges vannforsyning.
- Rapport nr. 38: NORVAR-prosjekter 1992/93.
- Rapport nr. 39: Implementering av EDB-basert vedlikeholdssystem. Erfaringer fra et referanseprosjekt knyttet til pilot-prosjekt ved Bekkelaget Renseanlegg. Sjekk-/momentliste for bruk ved implementering av EDB-basert vedlikehold.
- Rapport nr. 40: Driftsassistanser for avløp. Utredning om rolle og funksjon fremover.
- Rapport nr. 41: PRO-VA, Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. METRI-TEL.
- Rapport nr. 42: Kommunikasjonsmedium for VA-installasjoner. Erfaringer fra prøveprosjekt i Sandefjord kommune.
- Rapport nr. 43: Industriavløp til kommunalt nett. Evaluering av utførte industrikartleggingsprosjekter.
- Rapport nr. 44: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk. Resultat fra fullskalaundersøkelse.
- Rapport nr. 45: Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. Vokslesesongen 1994.
- Rapport nr. 46: Forsøk med forfelling og felling i 2 trinn med polyaluminiumklorid høsten 1993. Kartlegging av slam- og slams-vannstrømmer med og uten forfelling 1993–94.
- Rapport nr. 47: Renovering av avløpsledninger. Retningslinjer for dokumentasjon og kvalitetskontroll.

NORVAR-rapporter forts.:

- Rapport nr. 47: Oslo kommune, Vann- og avløpsverket: Strategidokument for industrikontrollen.
- Rapport nr. 48: NORVAR og miljøteknologi. Forprosjekt.
- Rapport nr. 49: Grunnundersøkelse for infiltrasjon - små avløpsanlegg. Forundersøkelse, områdebetingninger og detaljundersøkelse ved planlegging av separate avløpsrenseanlegg.
- Rapport nr. 50: Rørinspeksjon i avløpsledninger. Rapporteringshåndbok. Standarddefinisjoner.
- Rapport nr. 51: Slambehandling
- Rapport nr. 52: Bruk av slam i jordbruket
- Rapport nr. 53: Bruk av slam på grøntarealer
- Rapport nr. 54: Rørinspeksjon av avløpsledninger. Veileder.
- Rapport nr. 55: Vannbehandling og innvendig korrasjonskontroll i vannledninger
- Rapport nr. 56: Vannforsyning til næringsmiddelindustrien. Krav til vannkvalitet. Vannverkenes erstatningsansvar ved svikt i vannleveransen.
- Rapport nr. 57: Trykkreduksjon. Håndbok og veileder.
- Rapport nr. 58: Karbonatisering på alkaliske filter.
- Rapport nr. 59: Veileder ved utarbeidelse av prosessgarantier.
- Rapport nr. 60: Avløp fra bilvaskeanlegg til kommunalt renseanlegg.
- Rapport nr. 61: Veileder i planlegging av fornyelse av varinledningsnettet.
- Rapport nr. 62: Veileder i planlegging av spyling og pluggkjøring av vannledningsnettet.
- Rapport nr. 63: Mal for søknad om godkjenninng av vannverk.
- Rapport nr. 64: Driftserfaringer fra anlegg for stabilisering og hygienisering av slam i Norge. Forprosjekt.
- Rapport nr. 65: Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett.
- Rapport nr. 66: EØS-regelverket brukt på anskaffelser i VA-sektoren.
- Rapport nr. 67: NORVAFs faggruppe for vannforsyning. Filter som hygienisk barriere. Fase 3: Resultater for pilotforsøk og praktiske erfaringer fra vannverk.
- Rapport nr. 68: NORVAFs faggruppe for vannforsyning. Korrasjonskontroll ved Stange Vanverk. Forsøk med tilsetning av mikronisert marmor og CO₂ ved Råvarinpumpestasjonen.
- Rapport nr. 69: Evaluering av enkle rensemетодer, fase 2: Siler/firriser
- Rapport nr. 70: Evaluering av enkle rensemетодer, fase 2: Store slamavskillere samt underlag for veileder.
- Rapport nr. 71: Evaluering av enkle rensemетодer, fase 3: Veileder for valg av rensemetode ved utslip til gode sjøresipenter.
- Rapport nr. 72: Utviklingstrekk og utfordringer innen VA-teknikken. Sammenstilling av resultatet fra arbeidet i NORVAFs gruppe for langtidsplanlegging (LTP) i VA-sektoren.
- Rapport nr. 73: Etablering av NORVAFs VA-INFOTORG. Bruk av Internett som kommunikasjonsverktøy.
- Rapport nr. 74: Spesiellrapport - 5. utgave. Beskrivelse av 34 EDB-programmer/moduler for bruk i VA-teknikken.
- Rapport nr. 75: NORVAFs faggruppe for EDB og IT: IT-strategi i VA-sektoren.
- Rapport nr. 76: Dataflyt-klassifisering av avløpsledninger.
- Rapport nr. 77: Alternative områder for bruk av slam utover jordbruket. Forprosjekt.
- Rapport nr. 78: Alternative behandlingsmetoder for fettslam fra fettavskillere.
- Rapport nr. 79: Informasjonssystem for drikkevann, forprosjekt
- Rapport nr. 80: Sjekklistor/veileddning for prosjektering og utførelse av
- VA-hoved og stikkledninger - sanitærinstallasjoner
- Rapport nr. 81: Veileder. Kontakting av VA-tekniske prosessanlegg i totalentreprise
- Rapport nr. 82: Veileder for prøvetaking av avløpsvann
- Rapport nr. 83: Rørinspeksjon med videokamera: Veileddning/rapportring - hovedledninger, stikkledninger, avløpskummer
- Rapport nr. 84: Forfall og fornyelse av ledningsnett. Sammendragsrapport fra perioden 1992-1997
- Rapport nr. 85: Effektiv partikkelseparasjonsinnen avløpsteknikken. Strategisk forprosjekt
- Rapport nr. 86: Behandling og disponering av vannverksslam. Forprosjekt
- Rapport nr. 87: Kalsiumkarbonatfiltre for korrasjonskontroll. Utprøving av forskjellige marmormasser
- Rapport nr. 88: Vannglass som korrasjonsinhibitor. Resultater fra pilotforsøk i Orkdal kommune
- Rapport nr. 89: VA-ledningsanlegg etter revidert Plan- og bygningslov
- Rapport nr. 90: Actiflo-prosjektet ved Flesland Ra.
- Rapport nr. 91: Vurdering av «slamfabrikk» for Østfold
- Rapport nr. 92: Gruppen for samfunnskontakt: Informasjon om VA-sektoren. Forprosjekt
- Rapport nr. 93: Videreutvikling av NORVAR. Resultatet av strategisk prosess 1997/98. Målbeskrivelser for nøkkelområdene, medlemsstibud, vedtekter
- Rapport nr. 94: Nettverkssamarbeid mellom NORVAR, driftsassistanse og kommuner. Sluttrapport fra prøveprosjekt 1997-98
- Rapport nr. 95: Veileder for valg av riktige sørsoer og måleutstyr i VA-teknikken
- Rapport nr. 96: Rist- og silgodskarakterisering. Behandling og disponering
- Rapport nr. 97: Slamförbränning (VA-forsk rapport nr. 1999-11. Samarbeidsprosjekt med VAV, Sverige)
- Rapport nr. 98: Kvalitetssystemer for VA-ledninger. Mal for prosessen for å komme fram til systemer som tilfredsstiller kravene i revidert Plan- og bygningslov
- Rapport nr. 99: Veileddning for dokumentasjon av utslip fra befolkningen
- Rapport nr. 100: Sammenhengen mellom kvalitet, service og pris på kommunale vann- og avløpsløsninger
- Rapport nr. 101: Status og strategi for VA-oppgraderingen
- Rapport nr. 102: Oppsummering av resultater og erfaringer fra forsøk og drift av nitrogenfjerning ved norske avløpsrenseanlegg
- Rapport nr. 103: Returstrømmer i renseanlegg. Karakterisering og håndtering