

NORVAR

Prosjektrapport

86
1998

**Behandling og
disponering
av vannverksslam**

Forprosjekt

Norsk VA-verkforening

NORVAR-rapport

Norsk VA-verkforening

Postadresse: Vangsveien 143, 2300 Hamar
 Besøksadresse: Vangsveien 143, Hamar
 Telefon: 62 52 86 50
 Fax: 62 53 40 06

Rapportnummer:	86/98
Dato:	12.03.98
Antall sider (inkl. bilag)	26
Tilgjengelighet:	
Åpen:	X
Begrenset:	

Rapportens tittel:
 Behandling og disponering av vannverksslam - forprosjekt

Forfatter(e):
 Siv.ing. Ragnar Storhaug, Aquateam as
 Siv.ing. Bjarne Paulsrud, Aquateam as

Ekstrakt: De fleste prosesser for behandling av drikkevann produserer en eller flere typer avløpsvann/slam som føres til avløp, utslipp. Som en samlebetegnelse benyttes dette for "vannverksslam". Volummessig er slam fra vannbehandlingsanlegg med kjemisk felling/direktefiltrering av størst betydning. Sammenlignet med slam fra avløpsrenseanlegg foreligger det lite dokumentasjon om sammensetningen av vannverksslam. Data innhentet i forbindelse med denne undersøkelsen samt andre referanser viser, at innholdet av kobber og kvikksølv er markert lavere enn i avløpsslam. Det samme gjelder innholdet av fosfor og nitrogen. Utslipp til resipient, utslipp til kommunalt avløpsnett, deponering av avvannet slam på fyllplasser eller i separate deponier og utnyttelse av slammet som ressurs, er hovedalternativene for endelig disponering av vannverksslammet. Fortykking og maskinell avvanning er de to mest aktuelle behandlingsalternativene. Driftserfaringer fra anlegg som benytter fortykking viser at dekanteringsvannmengden som returneres til innløpet utgjør 93 - 95 % av spylevannsmengden. For maskinell avvanning med sentrifuge er det rapportert om TS-innhold i området 13 - 30 % i avvannet slam. Det anbefales at det gjennomføres prosjekter for å karakterisere vannverksslammet, undersøke av effekter av returstrømmer, samt karakterisering av avløpsvann fra membranfiltreringsanlegg.

Emneord, norske:
 Vannverksslam
 Fortykking
 Avvanning
 Kjemisk felling/direktefiltrering
 Membranfiltrering

Emneord, engelske:
 Water residuals
 Sludge thickening
 Sludge dewatering
 Coagulation/direct filtration
 Membran filtration

ISBN 82-414-0200-7

FORORD

Prosjektet er organisert som et NORVAR spleiseprojekt. Deltakerne har foruten økonomisk bidrag til gjennomføringen også bidratt med prosessopplysninger og slamprøver.

Det er opprettet en prosjektgruppe som består av følgende representanter fra deltakerne i prosjektet:

Edgar Borgersen, FREVAR
Bente Storebråten, MOVAR
Reidar Olsen, Sarpsborg kommune
Hallvard Kierulf, Trondheim kommune
Arne Seim, Bergen kommune
Åse Høysæter, Goodtech AMT

Statens forurensningstilsyn har bidratt økonomisk i gjennomføringen av prosjektet.

Aquateam as - Norsk vannteknologisk senter as ved siv.ing. Ragnar Storhaug og siv.ing. Bjarne Paulsrud har gjennomført prosjektet.

Rapporten gir en oversikt over de mest aktuelle vannbehandlingsløsningene og sammensetningen av vannverksslam, beskriver alternative disponeringsløsninger og aktuelle behandlingsprosesser.

Hamar 12. mars 1998

Asle Aasen, prosjektleder

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Bakgrunn	4
2.	Oversikt over avløpsstrømmer fra ulike typer vannbehandlingsprosesser	6
2.1.	Kjemisk felling ("fullrensing")	6
2.2.	Direktefiltrering	6
2.3.	Membranfiltrering	7
2.4.	Ionebytte	8
2.5.	Hvilke behandlingsprosesser bør prioriteres ?	9
3.	Sammensetning av vannverksslam	10
4.	Disponering av vannverksslam	13
4.1.	Alternative disponeringsløsninger	13
4.2.	Myndighetenes reguleringer	13
4.2.1.	Utslipp til råvannskilde eller annen resipient	13
4.2.2.	Utslipp til kommunalt avløpsnett	14
4.2.3.	Deponering av avvannet slam	14
4.2.4.	Utnyttelse av slammet som en ressurs	15
4.3.	Hvor aktuelle er de forskjellige disponeringsalternativene ?	16
5.	Behandlingsprosesser	18
5.1.	Fortykking	18
5.2.	Maskinell avvanning	21
5.3.	Enkle avvanningsmetoder	21
6.	Forslag til videre arbeid	22
6.1.	Generelt	22
6.2.	Karakterisering med hensyn på behandling	22
6.3.	Karakterisering med hensyn på disponering	22
6.4.	Effekten av returstrømmer i vannverk	23
6.5.	Membranfiltreringsanlegg	23
7.	Litteratur	25

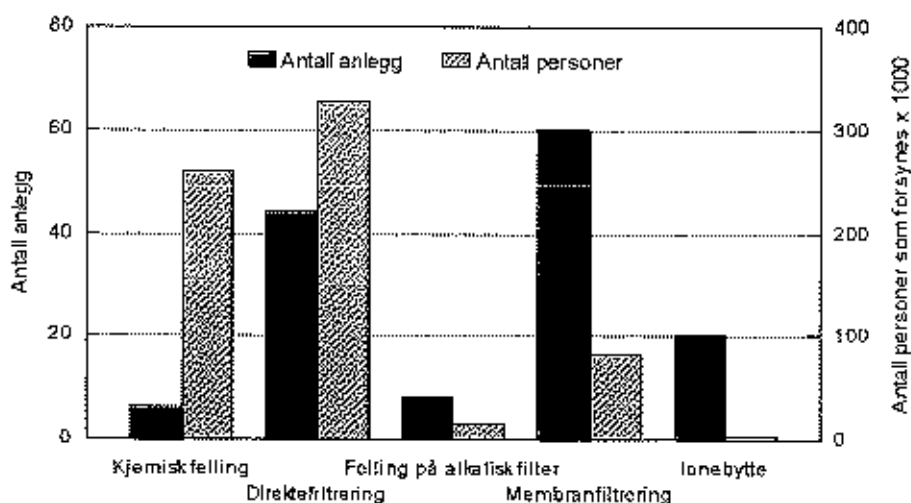
1. Bakgrunn

Tradisjonelt er behandling av drikkevann ansett som en "ren" prosess, det vil si rentvannet har stått i fokus. Ulike typer spylevann og utslipp fra vannbehandlingsprosessene har fått mindre oppmerksomhet. Alle vannbehandlingsprosesser produserer en eller flere typer avløpsvann/slam som føres til avløp/utslipp. Sammensetningen varierer imidlertid mye, og det er ikke uten videre gitt at den vil representere et forurensningsproblem. For å kunne benytte et enhetlig begrep, benevnes heretter disse avløpsstrømmene for "vannverksslam".

Dette forprosjektet skal omfatte vannverksslam fra følgende vannbehandlingsprosesser.

- **Ionebytte** - Filtrering av humusvann gjennom et ionebyttemedium der humusmolekyler med negativ ladning byttes ut mot anioner (vanligvis Cl^- og OH^-).
- **Membranfiltrering** - Tverrstrømsfiltrering gjennom en finporøs membran. Ved denne metoden strømmer vannet langs membranen, partikler og humusmolekyler trenger ikke gjennom membranen, men føres til utløp som konsentrat. Rentvannet som passerer membranen benevnes permeat.
- **Kjemisk felling ("fullrensing")** - Råvannet tilsettes et koaguleringsmiddel (Al-sulfat, Fe-klorid, prepolymerisert Al-salt). I et flokkuleringstrinn bygges det opp fnokker som kan avskilles i et separasjonstrinn (sedimentering, flotasjon). Fra separasjonstrinnet føres vannet til et filtreringstrinn for etterpolering.
- **Direktefiltrering** - Råvannet tilsettes et fellingskjemikaliu, deretter føres vannet direkte inn på et filtreringstrinn. Filtreringstrinnet består normalt av to eller flere filtermedia.
- **Direktefiltrering på alkalisk filter** - Dette er en variant av direktefiltreringsprosessen. Hele filtersengen består av alkalisk filtermasse.

Figur 1.1 viser en oversikt over antall behandlingsanlegg av de ulike prosessstypene som er i drift i Norge, samt hvor mange personer som forsynes med vann fra disse anleggene.



Figur 1.1 Antall anlegg og antall personer som forsynes av de mest vanlige vannbehandlingsprosessene i Norge i dag.

Direktefiltrering og fullrensing utgjør den største andelen både når det gjelder antall anlegg som er i drift og antall personer som forsynes. Store vannbehandlingsanlegg som Baterød (Sarpsborg), FREVAR (Fredrikstad), Vansjø (Moss), Oppegård vannverk, Skullerud (Oslo), Nedre Romerike vannverk og Kismul vannbehandlingsanlegg (Bergen) benytter disse prosessene. Antall membranfiltreringsanlegg er raskt voksende, både i antall og størrelse. Hoveddelen av anleggene som er i drift pr. i dag er små (kapasitet på 1500 m³/døgn eller mindre). Det største anlegget pr. i dag har en kapasitet på 4000 m³/døgn, og det er ett anlegg under bygging med kapasitet 16.000 m³/døgn.

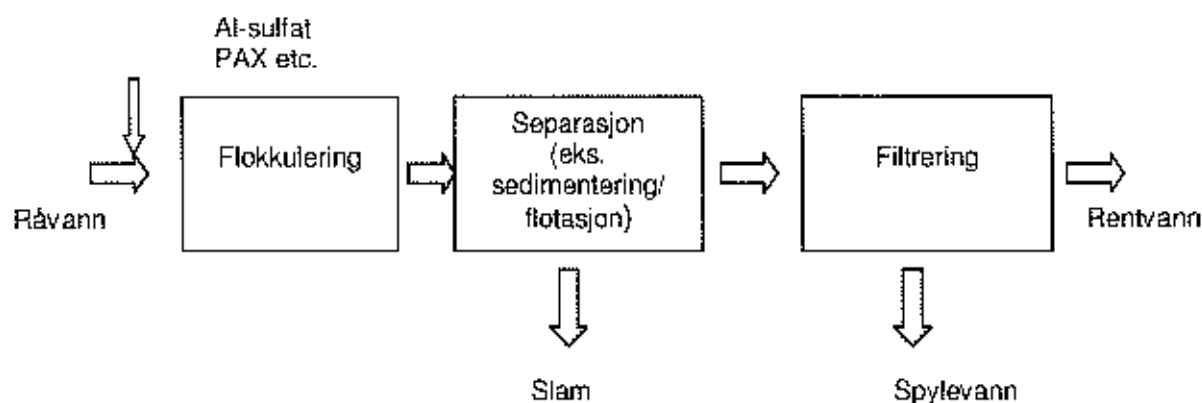
Også hoveddelen av anleggene som benytter felling på alkalisk filter og ionebytte er svært små.

Ut fra antall anlegg og tilknytning er det i første rekke utslippene fra anlegg med kjemisk felling (fullrensing) og direktefiltrering, samt fra membranfiltreringsanleggene som volummessig har størst betydning.

2. Oversikt over avløpsstrømmer fra ulike typer vannbehandlingsprosesser

2.1. Kjemisk felling ("fullrensing")

Et anlegg med kjemisk felling ("fullrensing") har normalt en oppbygging som vist i figur 2.1.



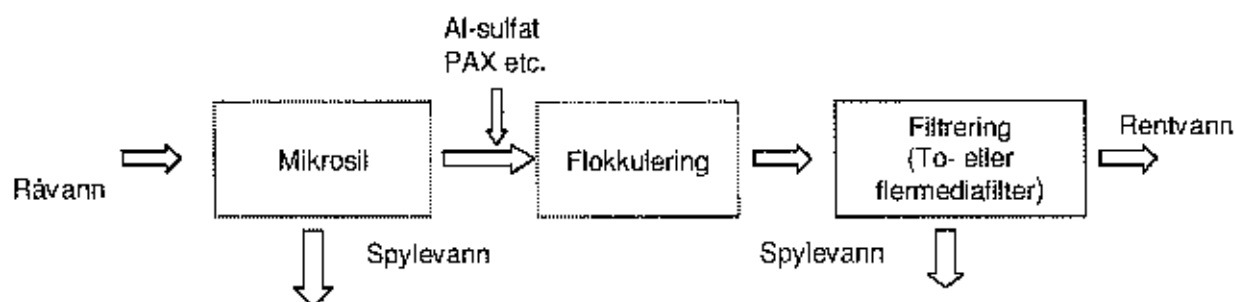
Figur 2.1 Skematisk oppbygging av et anlegg med kjemisk felling ("fullrensing")

Hoveddelen (ca. 90 %) av det suspenderte materialet som dannes ved den kjemiske fellingen, avskilles i et separasjonstrinn. Dette kan være et sedimenteringsbasseng eller et flotasjonsanlegg, eventuelt mer spesielle utformede separasjonsenheter som for eksempel "Pulsator". Deretter føres vannet inn på et filtreringstrinn. På eldre anlegg er fjerning av slam fra sedimenteringsbassengene en delvis manuell operasjon. Normalt fjernes da slammet ved faste intervaller, eks. hver tredje uke. Nyere anlegg har installert automatiske skrapere tilsvarende det som er vanlig å benytte på avløpsrenseanlegg. Eldre bassenger har ofte to bunnplan, noe som kan være problematisk når slamfjerningen skal foregå automatisk. I tillegg mangler som regel slamfomne der slammet kan samles før det pumpes ut av bassenget.

For tilbakespyling av filteret medgår ca. 2 – 3 % av produsert vannmengde

2.2. Direktefiltrering

Et direktefiltreringsanlegg har normalt en oppbygging som vist i figur 2.2. Det varierer om det benyttes mikrosil og/eller separat flokkuleringstrinn.



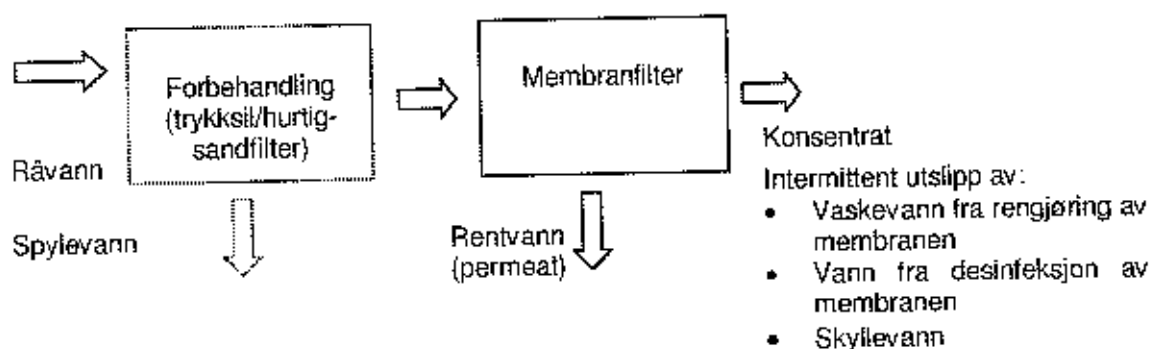
Figur 2.2. Skematisk oppbygging av et direktefiltreringsanlegg

En del anlegg benytter mikrosil som forbehandling av vannet. Mikrosilen har normalt en lysåpning i området 40 - 60 μm . Silen tilbakespyles når trykkdifferansen over silen når en gitt grenseverdi. Spylevannet returneres normalt til råvannskilden.

Avsatt suspendert materiale i filteret fjernes ved tilbakespyling. Hyppigheten av tilbakespylingen er avhengig av dimensjoneringen av anlegget og belastningen. Normalt bør tilbakespyling av filteret ikke foregå hyppigere enn hver 6. time. Ofte tilbakespyles hvert filter 1 gang pr. døgn. I forhold til behandlet vannmengde utgjør spylevannet normalt 3-10%. Innholdet av suspendert stoff i spylevannet vil variere i løpet av tilbakespylingen. Normalt varierer konsentrasjonen av suspendert stoff i området 20-500 mg SS/l.

2.3. Membranfiltrering

Råvannet passerer først en sil som forbehandling. De fleste anlegg er utstyrt med trykksil. Denne silen tilbakespyles automatisk når differansetrykket over silen når en gitt grenseverdi. Spylevannet føres tilbake til råvannskilden. Råvannskvalitet og belastningen på anlegget avgjør hvor hyppig tilbakespylingen gjennomføres.



Figur 2.3. Skjematisk oppbygging av et membranfiltreringsanlegg.

Ved normal drift utgjør konsentratet fra membranfiltreringsprosessen ca. 25% av råvannsmengden som føres inn på membranfilteret. Konsentratet er som navnet angir, en oppkonsentrering av stoffene som råvannet inneholder. Normalt kan dette slippes tilbake i råvannskilden eller til en annen egnet resipient.

En gang pr. døgn må membranene vaskes for å fjerne belegg som er avsatt på overflaten.

Membranvasken gjennomføres ved at vannproduksjonen stanses og en kjemisk oppløsning pumpes inn i anlegget, forblir der en gitt tid og pumpes ut igjen. Deretter må anlegget skylles rent før drikkevannsproduksjonen starter igjen. Vaskevann kommer derfor ikke på noe tidspunkt i kontakt med drikkevann som føres ut på forsyningsnettet.

Anleggsleverandørene tilbyr spesialvaskemidler for rengjøring av membranfiltermodulene. Det er derfor ikke mulig å beskrive en enhetlig sammensetning. Vaskemidlene inneholder normalt en eller flere av følgende typer komponenter:

- fuktemidler (tensider, fosfater etc.)
- oksidasjonsmidler (peroksider, klor)
- enzymer

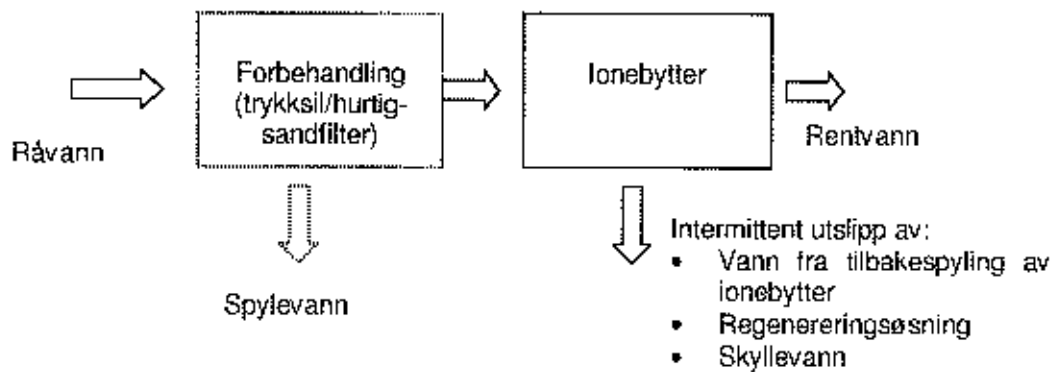
En gang pr. år gjennomføres en grundig rengjøring av membranene. For å motvirke bakterievekst på membranenes rentvannsside, må anlegget skylles med desinfiserende væske (normalt natriumhypokloritt) med faste intervaller (1-2 ganger pr. uke).

Totalt sett vil derfor et membranfiltreringsanlegg i perioder ha utslipp av vaskevann, vann fra desinfeksjon og skyllevann.

Pr. i dag gjennomføres ingen spesifikk behandling av denne typen avløpsvann før utslipp. Normalt føres avløpsvannet til kommunalt nett eller til egnet resipient.

2.4. Ionebytte

På anlegg som benytter ionebytte, passerer normalt råvannet først et forbehandlingstrinn (hurtigsandfilter, trykksil etc.). Hensikten med dette er å hindre at større partikler transporteres inn i ionebyttermidiet. Figur 2.4 viser skjematisk hvordan et anlegg som benytter ionebytte er bygd opp.



Figur 2.4. Skematisk oppbygging av et ionebytteanlegg

Regenerering av ionebytteren må gjennomføres når fargetallet ut av ionebytteren (etter den mest belastede linjen, hvis anlegget har flere linjer) når en grenseverdi (ofte 15 mg Pt/l). Normale intervaller mellom 2 regenereringer er 2 til 14 dager. Brukt regenereringsløsning er en blanding av humus, koksalt og lut. Dette avløpsvannet har pH i området 12,5-14 og lednings- evne i området 10-20.000 mS/m. Væsken er svært korrosiv og er tilnærmet svart av farge. Under forutsetning av en gjenbruksgrad på 5 ganger, vil ionebytteprosessen oppkonsentrere humus i vannet med en faktor på ca. 3-4000. For hver m³ produsert rentvann vil det bli produsert ca. 0,25 l regenereringsløsning.

Generelt sett må det foretas en resipientvurdering før et evt. utslipp av vann fra tilbakespyling, samt skylling av ionebytteren. Konsentrert regenereringsløsning må samles opp og føres til avløpsrensseanlegg eller annen egnet behandling.

2.5. Hvilke behandlingsprosesser bør prioriteres ?

Av de ulike prosessene som er gjennomgått i det foranstående, er det slam og spylevann fra vannbehandlingsanlegg med kjemisk felling (fullrensing)/direktefiltrering som volummessig dominerer. Behovet for gode løsninger, både for behandling av slammet, samt for etterfølgende disponering, er derfor størst innenfor dette området. I det etterfølgende vil derfor behandling/disponering av slam fra disse behandlingsprosessene bli omtalt.

Det forventes at antall membranfiltreringsanlegg vil øke. Det er derfor behov for å dokumentere sammensetningen og effekten av utslipp av vaskevann/vann fra desinfeksjon av denne type anlegg. Innenfor rammene av dette forprosjektet vil ikke dette kunne gjennomføres.

Antall ionebytteanlegg er forholdsvis lavt, og det forventes ingen stor økning i antallet. Det er åpenbare muligheter for forurensning knyttet til drift av denne type anlegg, men i og med det beskjedne antall anlegg, vil denne problematikken ikke bli prioritert for videre behandling i forprosjektet.

3. Sammensetning av vannverksslam

Sammenlignet med slam fra avløpsrenseanlegg foreligger det begrenset med informasjon om sammensetningen av vannverksslam. I Norge er det utført et studentarbeide (Tangerud og Aas, 1995) i tilknytning til pilotforsøkene som ble gjennomført på Oset vannbehandlingsanlegg i perioden 1994-95 (Paulsrud et al., 1995). Svenska vatten och avloppsverksföreningen (VAV) utarbeidet i 1990 rapporten "Behandling av vattenverksslam" (VAV, 1990), og inntil nå har denne rapporten vært den mest omfattende samling av informasjon om behandling av vannverksslam med relevans for norske forhold. Det er også gjennomført undersøkelser av vannverksslam som en del av pilotprosjekter som er utført i forbindelse med bygging av nye eller utbygging av eksisterende vannbehandlingsanlegg (Hem, 1997a, 1997b). Disse undersøkelsene omfatter i første rekke slammets fortykkningsegenskaper.

I tilknytning til dette forprosjektet er det gjennomført prøvetaking og analyser på innholdet av tungmetaller, næringsstoffer og fellingsskjemikalier i vannverksslam ved følgende vannverk:

- Baterød vannverk (slam fra sedimenteringsbasseng)
- FREVAR, vannverket (slam fra fortykker)
- Vansjø vannverk (spylevann ved tilpakespyling av filter)
- Kismul vannverk (avvannet slam)

I tabell 3.1 er det gjort en sammenstilling av resultatene fra denne prøvetakingen sammenlignet med tidligere resultater fra de foran nevnte anleggene fra

Tabell 3.1 Tungmetallinnhold i slam fra norske vannverk

		Tungmetallinnhold (mg/kgTS)						
Vannverk		Cd	Pb	Hg	Ni	Zn	Cu	Cr
Baterød	Resultater fra denne undersøkelsen	0,48	15,5	< 0,32	26,8	140	69,7	27,7
FREVAR		-	16	0,46	18,2	158	65,2	20,9
Vansjø		-	-	-	39,7	145	110	31,6
Kismul		1,2	29,4	< 0,13	8,5	296	34,7	22,0
FREVAR (96)	Resultater fra tidligere undersøkelser/ prøvetakinger	0,36	21	0,14	15,2	154	51,3	23,9
FREVAR (97)		0,06	6,4	0,1	5,8	91	20,9	5,8
Oset, pilot 1		0,88	-	0,126	15,9	-	27,1	33
Oset, Pilot 2		0,84	17	0,46	10,3	-	71,9	28,6
Kismul (96)		1,2	19,8	-	4,3	75,9	31	14,3
Kismul (96)		0,5	23	0,01	4,0	167	15	16
Norsk avløpsslam 1996 (middelverdier)		1,0	24	1,2	11	352	266	28

Innholdet av kobber og kvikksølv er markert lavere i vannverksslam enn i slam fra kommunale avløpsrenseanlegg, men for øvrig er ikke forskjellene store. Årsaken til at avløpsslammet har høyere kobberkonsentrasjonen er i første rekke korrosjon på vannforsyningsinstallasjoner. Tabell 3.1 viser også at tungmetallkonsentrasjonen varierer betydelig fra anlegg til anlegg, i tillegg til variasjon mellom ulike prøveserier fra det samme anlegget.

Tungmetallinnholdet i vannverksslam tilføres fra fellingskjemikaliene og fra råvannet. Det er vanskelig å angi noe eksakt %-fordeling for de to hovedkildene for tungmetaller. Stockholms Vatten har gjennomført en kartlegging av tungmetallinnholdet i vannverkslam ved Norsborgs vattenverk i Stockholm (Blomberg, 1997). I to separate prosesslinjer ble det benyttet hhv. jernklorid (PIX-111) og aluminiumsulfat (ALG) som fellingskjemikalium. Det ble analysert på TS-innhold, glødetap, tungmetaller og næringssalter. I undersøkelsen konkluderes det med at tilførselen av tungmetaller fra råvannet (Mälaren) er hovedkilden for tungmetaller i vannverksslammet. Fellingskjemikaliene står selvfølgelig for hoveddelen av tilførselen av aluminium og jern.

I tabell 3.2 er det vist en oversikt over en del rapporterte data for innholdet av hhv. aluminium og jern i vannverksslam.

Tabell 3.2 Innhold av hhv. aluminium og jern i vannverkslam

Vannverk	Fellingskjemikalium	Metallinnhold (Al/Fe) (% av TS)	Referanse
Skullerud (1995)	Al-sulfat	13,2	(Kristiansen, 1997)
Skullerud (1996)		17,6	(Hem, 1997a)
FREVAR (1997)		10,9	(Borgersen, 1998)
Pilottforsøk, Oset		15-18	(Pautsrud, et al., 1995)
Norsborg		14,7	(Blomberg, 1997)
Pilottforsøk, VIV	Jernklorid	33	(Hem, 1997b)
Norsborg		28,4	(Blomberg, 1997)

Molvekten for jern er 55,8 g/mol mens den for aluminium er 27,0 g/mol. Dette forklarer i hovedsak forskjellen i metallinnhold for de to slamtypene.

Fosforinnholdet i vannverksslam er betydelig lavere enn i avløpsslam. Resultatene fra prøvene som er tatt i forbindelse med denne undersøkelsen, er vist i tabell 3.3. TS-innholdet i slammet reflekterer hvor slamprøven er tatt ut. Resultatene viser at glødetapet (organisk stoff) ligger i området 37,5-45% av TS. Dette er ca. 80% av normalverdiene for norsk avløpsslam (stabilisert og hygienisert), mens fosfor- og nitrogeninnholdet er hhv. ca. 5% og 30% av det som er normalt i slam fra avløpsrensaneanlegg. I den svenske undersøkelsen (Blomberg, 1997) utgjorde fosforinnholdet 0,12 % av TS-innholdet i slam fra felling med jernklorid, mens tilsvarende tall fra felling med aluminiumsulfat var 0,2%. Innholdet av totalnitrogen i slam fra felling med jernklorid var 2,9 % av TS-innholdet mens det var 1,2 % i slam fra felling med aluminiumsulfat. Det antas at en bedre fjerning av TOC er hovedårsaken til at innholdet av totalnitrogen i slam fra felling med jernklorid er høyere enn i slam fra felling med aluminiumsulfat.

Tabell 3.3 Innhold av organisk stoff og næringssalter i vannverksslam

Vannverk		pH	TS	Gløde-Tap (%avTS)	tot-N (%avTS)	tot-P (%avTS)	K (%avTS)	Ca (%avTS)
		-	(%)					
Baterød	Resultater fra denne undersøkelsen	7,01	1,09	41,1	0,50	0,07	0,36	0,73
FREVAR		7,10	1,65	45,0	0,75	0,06	0,18	0,81
Vansjø		8,40	0,06	37,5	1,91	0,11	0,72	1,76
Kismul		7,70	13,1	44,7	0,72	0,02	0,02	1,46
Kismul (96)	Resultater fra tidligere undersøkelser	6,81	52,5	87,5	0,47	0,02	0,01	0,49
Kismul (97)		7,46	31,3	73,1	0,43	0,01	0,04	1,90
Norsk avløpslam (normalverdier) ¹⁾		-	-	40-60	2-3	1,5-2	0,1-0,2	-

¹⁾ Kalkbehandlet og kompostert slam har lavere verdier enn angitt her

Innholdet av tungmetaller i forhold til innholdet av næringsstoffer er av betydning ved anvendelse av vannverksslam på jordbruksarealer. Stockholm Vatten (Blomberg, 1997) har foretatt en sammenligning (regneeksempel) av forholdet mellom fosfor og tungmetaller i utrånnet vannverksslam (forutsetter 40 % reduksjon av det organiske materialet i slammet) og i utrånnet slam fra to avløpsrensaneanlegg i Stockholm. Tabell 3.4 viser at metallmengden som tilføres spredningsarealet pr. kg fosfor ved bruk av utrånnet vannverksslam er høyere enn ved tilførsel av en tilsvarende fosformengde fra avløpsslam. Dette gjelder for alle tungmetallene bortsett fra kvikksølv og sink. Spesielt stor er forskjellen for nikkel, mangan og krom.

Tabell 3.4 Metallinnhold pr. kilogram fosfor i utrånnet vannverksslam (regneeksempel), samt i utrånnet slam fra Bromma og Himmerfjärden avløpsrensaneanlegg (Blomberg, 1997)

Parameter	Enhet	Vannverksslam ¹⁾		Avløpsslam	
		Fe-slam	Al-slam	Bromma ²⁾	Himmerfjärden ³⁾
Aluminium	(kg/kgP)	5,1	92	-	-
Jern	(kg/kgP)	230	4	2,6	-
Bly	(mg/kgP)	3380	4570	1710	1230
Kadmium	(mg/kgP)	82	105	45	23
Kobber	(mg/kgP)	60620	49640	14840	12010
Krom	(mg/kgP)	8480	17260	2450	2100
Kvikksølv	(mg/kgP)	38	31	61	47
Mangan	(mg/kgP)	270790	325040	7100	-
Nikkel	(mg/kgP)	13470	21420	1290	530
Sink	(mg/kgP)	20890	19780	19030	22680

1) Basert på middelværdier for Norsborgs vannverk

2) Data fra Stockholm Vattens Miljørapport 1996

3) Data fra SYVABs årsberetning 1996

4. Disponering av vannverksslam

4.1. Alternative disponeringsløsninger

I prinsippet er det 4 hovedalternativer for en endelig disponering av det slammet/spylevannet som genereres i et vannbehandlingsanlegg:

A. Utslipp til resipient (til egen råvannskilde eller annen resipient)

- direkte utslipp av hele slamstrømmen eller bare dekanterings- og rejektvann fra fortykkere og avvanningsutstyr
- utslipp via naturbaserte renseløsninger

B. Utslipp til kommunalt avløpsnett (direkte eller ved transport i tankbil)

- uten fortykking
- etter fortykking og hvor dekanteringsvannet ledes til råvannssiden i vannverket

C. Deponering av avvannet slam på fyllplasser eller i separate deponier

- deponering av ubehandlet (avvannet) slam
- deponering av aske fra forbrenning eller vesentlig uorganisk rest fra gjenvinningsanlegg

D. Utnyttelse av slammet som en ressurs

- bruk på grøntarealer eller i jordbruket (som utblandet slam eller som bestanddel i gjødselprodukt, jordforbedringsmidler eller dyrkingsmedier)
- gjenvinning av fellingen kjemikalier

Ved eksisterende vannverk i Norge som produserer slam i en eller annen form, benyttes enten alternativ A eller B. Det eneste unntaket vi er kjent med er, Kismul vannbehandlingsanlegg i Bergen, som deponerer avvannet slam på fyllplass. Vi kjenner ikke til at det finnes andre anlegg som benytter alternativene C eller D.

4.2. Myndighetenes reguleringer

Avhengig av hvilken disponeringsløsning som velges, vil det være forskjellige myndigheter som må gi tillatelse til å disponere vannverksslam. I motsetning til slam fra avløpsrenseanlegg finnes det ikke noe enkeltstående regelverk (forskrift) som regulerer disponeringen av slam fra vannverk. Dette skyldes nok primært at denne disponeringen hittil ikke har vært ansett som spesielt problematisk, og man har klart seg med eksisterende lover og forskrifter.

I det etterfølgende har vi forsøkt å summere opp hvilke myndigheter og hvilke regelverk som man må forholde seg til ved de forskjellige disponeringsløsningene for vannverksslam:

4.2.1. Utslipp til råvannskilde eller annen resipient

I dette tilfellet er det Fylkesmannens miljøvernavdeling som er myndighetsorgan, og vannverkene må søke om utslippstillatelse i henhold til Forurensningsloven. Basert på bl.a. utslippets størrelse og sammensetning og resipientens kapasitet til å ta imot forurensninger samt brukerinteresser og eventuelle vedtatte miljømål, vil Fylkesmannen fastsette nødvendig omfang av en miljøkonsekvensvurdering før en utslippstillatelse kan gis og vilkårene fastsettes. I denne sammenheng kan det bli aktuelt å stille krav om forbehandling ved vannverket, eller at det etableres enkle, naturbaserte renseløsninger der forholdene ligger til rette for det.

4.2.2. Utslipp til kommunalt avløpsnett

Ved dette disponeringsalternativet er det primært eieren av avløpsnettet og avløpsrenseanlegget i tilknytning til nettet som kan gi tillatelse til en slik løsning. I en del tilfeller vil det være samme eier av både vannverk, avløpsnett og avløpsrenseanlegg, og da bør det være rimelig greit å komme fram til en god helhetsløsning. En noe mer komplisert prosess kan det være dersom de tre sektorene har forskjellige eiere, for eksempel interkommunalt/privat eid vannverk, kommunalt ledningsnett og annet interkommunalt/privat eid avløpsrenseanlegg. I slike tilfeller bør vannverket forsøke å få etablert innslippsavtaler med eierne av ledningsnett og avløpsrenseanlegg på samme måte som det er lagt opp til for industribedrifters tilknytning til kommunale avløpsanlegg (SFT, 1989). I en slik prosess vil det være naturlig å innhente synspunkter fra Fylkesmannens miljøvernavdeling, dersom det er mulighet for at utslippet fra vannverket kan påvirke avløpsrenseanlegget på en negativ måte i forhold til renseanleggets egen utslippstillatelse eller at avløpsslammets kvalitet forringes i forhold til jordbruksanvendelse.

Ved tilknytning til kommunalt avløpsnett må det svares kloakkavgift til kommunen, og det kan også bli aktuelt å beregne tilleggsavgifter dersom forurensningskonsentrasjonene i utslippet fra vannverket overskrider det som kan karakteriseres som normalt kommunalt avløpsvann. Disse verdiene er angitt i tabell 4.1.

Tabell 4.1 Konsentrasjonsgrenser for kommunalt avløpsvann (SFT, 1989)

Parameter	Enhet	Konsentrasjon
Organisk stoff (KOF)	mg/l	600
Suspendert stoff (SS)	mg/l	400
Total fosfor (Tot-P)	mg P/l	10
Total nitrogen (Tot-N)	mg N/l	60

4.2.3. Deponering av avvannet slam

Det finnes ikke i dag noen offisiell holdning hos forurensningsmyndighetene (MD, SFT, Fylkesmannen) når det gjelder deponering av vannverksslam, og det skyldes sannsynligvis det meget begrensede omfanget av dette "produktet". For andre avfallsgrupper som inneholder store mengder organisk stoff slik som våtorganisk husholdningsavfall og avløpsslam, er det gitt klare signaler om at dette avfallet ikke lenger skal deponeres på fyllplasser eller i separate deponier, men i stedet utnyttes som ressurser, og da primært ved bruk på jordarealer etter forutgående behandling. I flere fylker har Fylkesmannens miljøvernavdeling gått ut med brev til kommunene og de interkommunale selskapene om at deponering av våtorganisk avfall og avløpsslam på fyllplasser må opphøre innen en gitt frist, og dette blir fulgt opp med spesifikke vilkår i konsesjonene for fyllplassene.

Ved planer om å deponere avvannet vannverksslam på fyllplass, bør en i første omgang ta kontakt med miljøvernavdelingen i fylket for å diskutere problemstillingen.

4.2.4. Utnyttelse av slammet som en ressurs

Dersom man ønsker å bruke vannverksslam som en ressurs på jordarealer, dvs. man ønsker å utnytte slammets innhold av organisk stoff og næringsstoffer, vil denne disponeringsløsningen være underlagt Landbruksdepartementets "Forskrift om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler m.v." (gjødselforeforskriften) (Landbruksdepartementet, 1996). Dette er et resultat av en foreløpig avklaring mellom Statens Landbruksstilsyn som forvalter gjødselforeforskriften og Statens forurensningstilsyn/Statens helsetilsyn som forvalter "Forskrift om avløpsslam" (slamforskriften). Begrunnelsen for dette er at slamforskriften beskriver i detalj hvilke slamtyper som forskriften gjelder for (og her er ikke vannverksslam nevnt), mens gjødselforeforskriften gir større rom for å dekke forskjellige avfallstyper med innhold av organisk materiale.

Dette innebærer at når vannverksslam inngår som bestanddel i gjødsel, jordforbedringsmidler og dyrkingsmedier, vil gjødselforeforskriftens kvalitetskriterier for gjødselfarer basert på organisk avfall gjelde. Disse kriteriene inneholder bl.a. kvalitetskrav til avfallstypene og til ferdig produkt, samt dokumentasjonskrav og krav til merking/varedeklarasjon. Dette innebærer bl.a. at det organiske avfallet må være stabilisert og hygienisert før bruk, og tungmetallinnholdet i det ferdige produktet må ikke overskride verdiene i tabell 4.2.

Tabell 4.2 Maksimale tungmetallinnhold (mg/kg TS) i avfallsbaserte produkter

Kvalitetsklasser	I	II	III
Cd	0,8	2*	5
Pb	60	80	200
Hg	0,6	3	5
Ni	30	50	80
Zn	400	800	1500
Cu	150	650	1000
Cr	60	100	150

*Frem til 31.12.99 kan produkter med inntil 2,5 mg Cd pr. kg. tørrstoff merkes med kvalitetsklasse II.

Før produkter som ikke inneholder avløpsslam (men for eksempel vannverksslam) er bruksområdene for de ulike kvalitetsklasser som følger:

Kvalitetsklasse I :

Kan nyttes på jordbruksareal , private hager og parker med inntil 4 tonn tørrstoff pr. dekar pr. 10 år.

Kvalitetsklasse II :

Kan nyttes på jordbruksareal, private hager og parker med inntil 2 tonn tørrstoff pr. dekar pr. 10. år.

Kvalitetsklasse III :

Kan nyttes på grøntarealer og lignende arealer der det ikke dyrkes mat- eller fôrvekster. Produktet skal legges ut i lag på maksimalt 5 cm tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet. Brukt til toppdekke på avfallsfyllinger skal dekk sjiktet være maksimalt 15 cm.

For alternativet med å gjenvinne fellingsskjemikalier fra vannverksslam er vi ikke kjent med at det foreligger noen reguleringer fra myndighetenes side.

4.3. Hvor aktuelle er de forskjellige disponeringsalternativene ?

Det er stor sannsynlighet for at de disponeringsløsningene som er enerådende i dag (utslipp til resipient og utslipp til kommunalt avløpsnett), også vil være dominerende i framtiden, men situasjonen kan endre seg etter hvert som flere vannverk må ta i bruk behandlingsprosesser som produserer slam, samtidig som myndighetenes krav til utslipp blir skjerpet. Dette er i samsvar med slik situasjonen også beskrives i Sverige (VAV, 1990) og i USA (WEF/AWWA, 1997).

Ved utslipp til resipient (råvannskilde eller annen resipient) er det sannsynlig at det flere steder vil bli stilt krav om fortykning av slam fra sedimenterings-/flotasjonsanlegg og spylevann fra filtre, slik at bare dekanteringsvannet ledes til resipienten, mens slamfraksjonen enten viderebehandles på vannverket (minimum avvanning) eller den føres til kommunalt avløpsnett.

Der hvor vannverket er plassert slik at det er muligheter for å føre slammet (fortykket eller ufortykket) til kommunalt ledningsnett/avløpsrenseanlegg, vil dette ofte være den beste disponeringsløsningen. Det forutsetter imidlertid at man kommer til enighet med renseanleggseieren om en innslippsavtale, som bl.a. regulerer påslippsprosedyrer for å unngå støtbelastninger på renseanlegget. Spesielt viktig er det å unngå støtbelastninger som følge av rengjøring av utstyr for kalkoppløsning. Vannverksslam som stammer fra kjemisk felling, vil kunne inneholde så mye aktive Al – eller Fe-forbindelser, at det kan ha en positiv effekt på kjemikalieforbruket ved avløpsrenseanlegget. I en tysk undersøkelse (Thole et al., 1994) har man sett på effekten av å tilføre jernholdig vannverksslam til avløpsrenseanlegg med for-, simultan – og etterfelling. Hovedkonklusjonen er at forfellings- og simultanfellingsanlegg kan oppnå en viss reduksjon av kjemikalieforbruket ved tilførsel av vannverksslam i slike mengder at man har et molforhold (Fe/P) større enn ca. 5. Det vil imidlertid være store variasjoner fra anlegg til anlegg, og undersøkelser bør derfor gjennomføres der hvor dette er aktuelt.

I de tilfeller hvor det ikke er mulig å slippe ut fortykket slam til offentlig avløpsnett, vil man måtte vurdere disponeringsmåter som deponering eller bruk av vannverksslammet.

Deponering av vannverksslam forutsetter at det er avvannet på forhånd (se kap. 5.2), men det er vanskelig å si om fylkesmennene vil godkjenne slike løsninger, så lenge det er gitt klare signaler om at organiske avfallsstoffer ikke skal deponeres. Det er sannsynlig at det i hvert fall vil bli krevd dokumentasjon på at det ikke finnes andre realistiske løsninger for en ressursmessig utnyttelse av slammet.

Interessen for å bruke vannverksslam på jordbruks- eller grøntarealer vil bl.a. avhenge av den netto nytteeffekt som kan dokumenteres. I kap. 3 er det vist at vannverksslam kan ha et relativt høyt innhold av organisk stoff (tungt nedbrytbart p.g.a. mye humusstoffer), men lavt innhold av næringsstoffer i forhold til avløpsslam. En svensk sammenligning av vannverksslam og avløpsslam basert på forholdet mellom tungmetall- og fosforinnhold (se tabell 3.4), viser imidlertid at vannverksslammet tilfører mer tungmetaller pr. fosforenhet enn det

avløpsslam gjør (Blomberg, 1997). I Sverige er det også gjort studier av hvordan fosfortilgjengeligheten i jorda endres når man tilfører vannverksslam med høyt Al-innhold (Persson, 1994, Jonasson, 1996). Disse undersøkelsene konkluderer med at vannverksslammet binder jordens lettløselige fosfor og kan medføre fosformangel, men utførte vekstforsøk (karforsøk) viste ikke redusert plantevekst (vårhvete) med tilførsel av vannverksslam (5 tonn TS pr. dekar). Tilsvarende resultater er rapportert fra USA basert på vekstforsøk med hvete og mais (Novak et al, 1994).

I Norge er det foreløpig ikke gjennomført vekstforsøk med tilførsel av vannverksslam (Asdal, 1997), men skal det bli aktuelt å bruke denne slamtypen på jordbruks- eller grøntarealer, bør slike forsøk gjennomføres for å kunne dokumentere eventuelle nytteeffekter.

Gjenvinning av fellingskjemikalier fra vannverksslam har vært vurdert tidligere i forbindelse med et forprosjekt for utvidelse av Oset vannbehandlingsanlegg i Oslo (Paulsrud et al., 1995). Det ble bl.a. forsøkt å få etablert et pilotprosjekt med støtte fra Kemira, som også har vurdert tilsvarende prosjekt i tilknytning til vannverk i Stockholm, men så langt har disse ideene ikke blitt realisert. Det kan derfor synes som om den mest aktuelle resirkuleringen av fellingskjemikalier på kort sikt vil være å utnytte vannverksslammet ved tilførsel til avløpsrenseanlegg som har kjemisk felling.

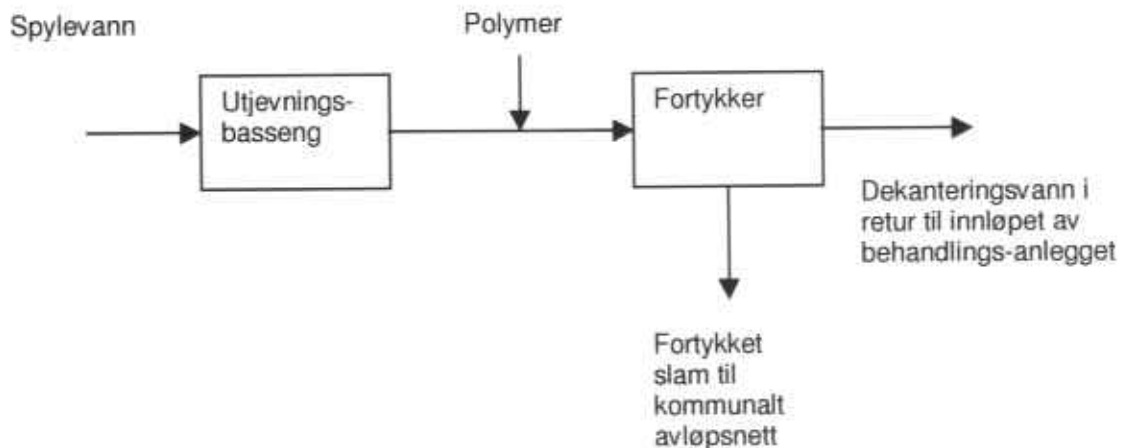
5. Behandlingsprosesser

5.1. Fortykking

Fortykking av spylevann er den behandlingsprosessen som det foreligger mest driftserfaringer med her til lands. Generelt sett har vannverksslam svært dårlige fortykkings- og avvanningsegenskaper. Vanligvis doseres derfor polymer til spylevannet før det føres inn i fortykkeren. Av vannverk som benytter fortykkere kan nevnes.

- FREVAR: Kontinuerlig gravitasjonsfortykker, fortykket slam føres til kommunalt avløpsnett
- Skullerud vannbehandlingsanlegg: Kontinuerlig gravitasjonsfortykker, fortykket slam føres til kommunalt avløpsnett
- Kismul vannbehandlingsanlegg, Lamellseparator, fortykket slam avvannes i sentrifuge
- Valleråsen vannbehandlingsanlegg (Porsgrunn): Batch-gravitasjonsfortykker, fortykket slam føres til kommunalt avløpsnett

Figur 5.1 viser skjematisk hvordan fortykkerenheten på FREVAR og Skullerud vannbehandlingsanlegg er bygget opp. På FREVAR er slammet som føres inn i utjevningsbassenget, en kombinasjon av slam fra sedimenteringsbassenget og spylevann fra tilbakespyling av filteret.



Figur 5.1 Skjematisk oppbygging av prosessdel for fortykking av spylevann i kontinuerlig fortykker

Fra utjevningsbassenget føres en konstant volumstrøm inn på fortykkeren. Denne er dimensjonert for en hydraulisk overflatebelastning på 0,8 m/time. Det foreligger sparsomt med opplysninger om nødvendig polymerdosering. Ved Skullerud vannbehandlingsanlegg var midlere polymerdosering i 1996 0,22 mg/l (Hansen, 1997). Det blir her benyttet samme type polymer som i vannbehandlingsprosessen (Magnaflow LT20). På Skullerud vannbehandlingsanlegg føres dekanteringsvannet over i et rejektivannsbasseng før det pumpes tilbake til innløpet. Slammet som tas ut i bunnen av fortykkeren, har et TS-innhold i området 1 – 1,5 %. Volumstrømmen som føres inn på kommunalt avløpsnett utgjør, 5 – 7 % av spylevannsmengden som føres inn på fortykkeren. Dette innebærer at 93 – 95 % av spylevannsmengden returneres til innløpet av vannbehandlingsanlegget. Det er godt samsvar mellom driftserfaringene fra FREVAR og Skullerud.

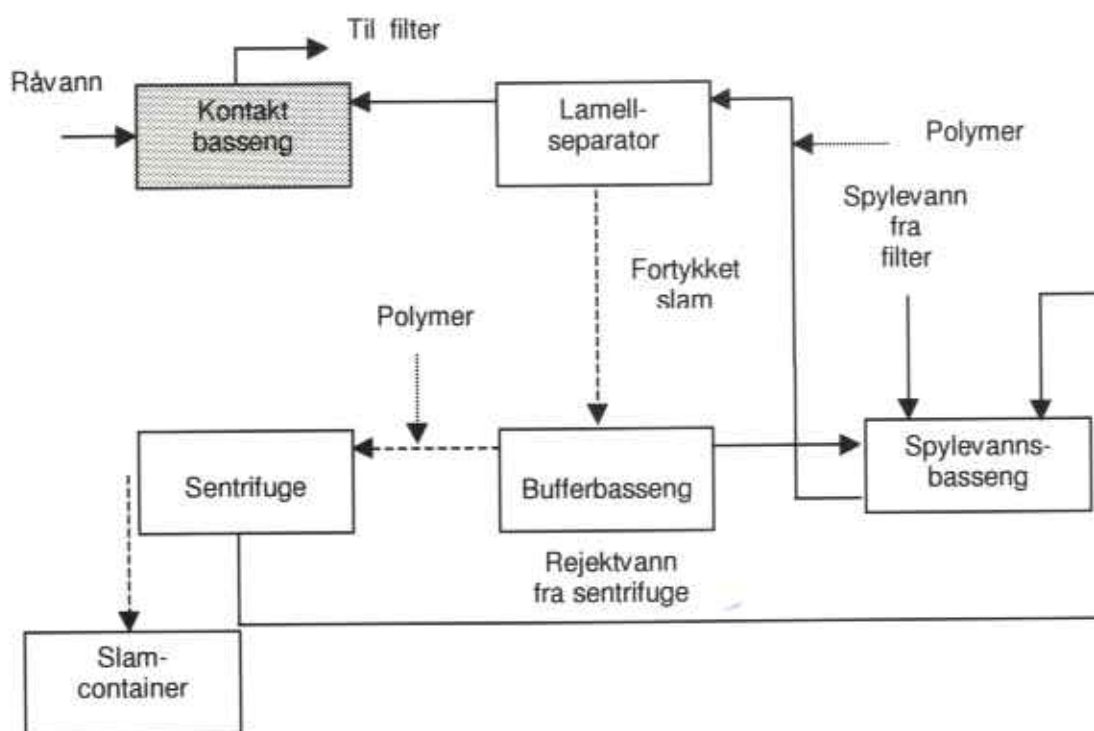
På Skullerud vannbehandlingsanlegg er det gjort en oppfølging av kvaliteten på dekanteringsvannet fra fortykkerne (Hem, 1997a). Anlegget har to parallelle fortykkerlinjer og prøvene er tatt ved to forskjellige Al-doseringer i vannbehandlingsanlegget.

Tabell 5.1 Sammensetning av dekanteringsvann fra fortykkere på Skullerud vannbehandlingsanlegg (Hem, 1997a)

Parameter	Råvann - Skullerud	Linje 1 (dosering 1,0 mg/Al/l)	Linje 2 (dosering 1,53 mg/Al/l)
pH	6,5	7,14	7,17
Aluminium (mg Al/l)	-	1,28	0,73
Kalsium (mg Ca/l)	2,9	13,0	13,3
Suspendert stoff (mg/l)	-	7,8	4,4
TOC (mg/l)	-	5,4	4,9
Turbiditet (FTU)	0,89	2,28	1,54
Farge (filtret) (mg Pt/l)	9	5	5

I oppfølgingsperioden utgjorde SS-belastningen fra dekanteringsvannet en tilleggsbelastning på filteret på hhv 12 og 5 %. Dette viser at det er av stor betydning å optimalisere polymerdoseringen for å oppnå et dekanteringsvann med lavt innhold av suspendert stoff.

Figur 5.2 viser skjematisk hvordan fortykkings- og avvanningsenheten er bygget opp på Kismul vannbehandlingsanlegg. Spylevann fra filtrene føres her fram til et spylevannsbasseng. Spylevannet pumpes derfra til en lamellseparator. Dimensjonerende overflatebelastning for lamellseparatoren er 0,9 m/time. Det doseres ca 0,14 mg/l polymer (Magnafloc LT 20). Det benyttes samme type polymer i vannbehandlingsprosessen. Dekanteringsvannet fra lamellseparatoren føres fram til kontaktbassenget (innblandingsbassenget for mikronisert marmor, fellingskemikalier etc.). I bunnen av lamellseparatoren er det en slamskraper som skrapper slammet til en slamlomme. Fra slamlommen pumpes vannet videre til et bufferbasseng. Bufferbassenget har også dekanteringsutstyr slik at slammet blir ytterligere oppkonsentrert her. Dekanteringsvannet føres tilbake til spylevannsbassenget. Fra bufferbassenget pumpes slammet fram til sentrifugen som pr. i dag er i drift 3 ganger pr. uke.



Figur 5.2 Hovedprinsippet for slambehandlingsprosessen på Kismul vannverk

Tabell 5.2 viser resultater fra en prøveomgang der det er tatt prøve av spylevannet inn på lamellseparatoren, fra dekanteringsvannet som føres til kontaktbassenget og fra slammet som pumpes til bufferbassenget.

Tabell 5.2. Resultater fra slambehandlingsanlegget på Kismul vannbehandlingsanlegg.

Prøvepunkt	SS (mg/l)	TS (%)
Spylevann inn på lamellseparator	458	-
Dekanteringsvann fra lamellseparator	10	
Slam fra lamellseparator		0,42
Slam til sentrifuge		1,96
Slam fra sentrifuge		13,1
Rejektvann fra sentrifuge	430	

Et alternativ til kontinuerlige fortykkere og lamellseparatorer er batch-fortykkeren som benyttes på blant annet Valleråsen vannverk i Porsgrunn (Moldeprosessen). Spylevannet føres her inn i et basseng. Etter en gitt sedimenteringstid pumpes dekanteringsvannet i retur til råvannssiden, mens slamfasen pumpes til kommunalt avløpsnett. Pr. i dag foreligger bare driftserfaringer fra pilotforsøk med denne metoden.

5.2. Maskinell avvanning

I Norge er maskinell avvanning av vannverksslam hittil bare tatt i bruk på Kismul vannbehandlingsanlegg. Det foreligger sparsomt med driftserfaringer fra andre land med samme råvannskvalitet (humusvann) som vanligvis opptrer hos oss.

Utstyret som i første rekke er aktuelt ved maskinell avvanning av slam fra anlegg med kjemisk felling/direktefiltrering, er:

- Sentrifuge
- Kammerfilterpresse

Silbåndpresse anses som mindre aktuell på grunn av vannverksslammets spesielle struktur som kan medføre at slammet flyter ut av silbåndet ved feilaktig kondisjonering.

Normal polymerdosering ved bruk av sentrifuger er oppgitt til 3 – 5 kg/tonn TS (VAV, 1990). Ved avvanning av slam fra et kjemisk avløpsrenseseanlegg er normal polymerdosering 2-4 kg/tonn TS. Med et godt kondisjonert slam kan det forventes en avskillingsgrad på 96 – 98 %, dette tilsvarer normalt at rejeftvannet har et SS innhold i området 200 – 500 mg/l (DVGW, 1996)

Tyske erfaringer (Schell 1986) fra avvanning av slam fra vannverk som benytter jernklorid for rensing av overflatevann, viser at det oppnås en midlere TS-verdi på årsbasis på ca. 26 %. Slammet fortykkes til et midlere TS-innhold på 1,6 % før det pumpes inn i sentrifugen. Polymerforbruket var da 4 – 4,5 kg/tonn TS.

Avvanningsforsøk ved Lovø Vattenverk i Stockholm (Eriksson, 1998) viser at det oppnås et TS-innhold på 19% ,men polymerdoseringen er her ikke kjent.

Driftserfaringer fra Kismul vannbehandlingsanlegg er positive. Det avvannede slammet har et TS-innhold på ca. 30 % (Seim og Sekse, 1997). I forbindelse med gjennomføringen av dette forprosjektet ble det gjennomført en prøvetakingsomgang ved dette vannbehandlingsanlegget. TS-innholdet i avvannet slam var da 13,1%. Oppnådd gjenvinningsgrad var 98%.

5.3. Enkle avvanningsmetoder

Innenfor denne kategorien er det først og fremst avvanning i laguner som kan være aktuelt i Norge, da tørkesenger aldri har fått noen utbredelse pga. dårlig effektivitet (ugunstig klima) i forhold til kostnadene. I Svenska vatten- och avloppsverksförningens statusrapport for vannverksslam (VAV, 1990) er avvanningslaguner ansett som spesielt interessante for små vannverk som ligger langt unna bebyggelse og som har tilgang på tilstrekkelige arealer med egnede løsmasser. Det anbefales også at lagunene dimensjoneres for en oppholdstid på minimum ett år uten at det tilføres nytt slam. På den måten vil man på de fleste steder kunne dra nytte av den kondisjoneringseffekten som oppstår når slammet fryser om vinteren og så tiner opp igjen om våren. Etter en slik syklus vil TS-innholdet i slammet normalt øke så mye at det kan tas ut av lagunen og legges i ranker for videre kompostering eller langtidslagring dersom det skal brukes etterpå. Den svenske publikasjonen (VAV, 1990) angir forslag til dimensjonering og drift av laguner for avvanning av vannverksslam.

6. Forslag til videre arbeid

6.1. Generelt

Dette forprosjektet viser at det er en betydelig mangel på kunnskap om sammensetningen av avløps- og slamstrømmene fra vannbehandlingsprosessene som benyttes her til lands. Det kan forventes en økt oppmerksomhet mot dette området både med utgangspunkt i krets-løpstenkning (bruk av vannverksslam) og ut fra et generelt behov for å kunne dokumentere miljøeffekter ved utslipp. Utredningsbehovet er størst i tilknytning til slam fra anlegg med kjemisk felling (fullrensing/direktefiltrering).

Det er også behov for en bedre dokumentasjon av sammensetningen av avløpsvann fra membranfiltreringsanlegg, inkludert dokumentasjon av eventuelle miljøeffekter ved utslipp av dette avløpsvannet.

Med henvisning til figur 1.1, så anses behovet for videre undersøkelser i tilknytning til avløpsvannet fra ionebytteanlegg å være lite. Dette som en følge av at det er forholdsvis få anlegg som benytter denne metoden. I det etterfølgende gis en kortfattet beskrivelse av aktuelle prosjekter som bør prioriteres i det videre arbeidet.

6.2. Karakterisering med hensyn på behandling

- Bruk av slam betinger at det ikke opptrer luktulempen ved lagring og eventuell spredning. For å klarlegge om dette er noe reelt problem, bør det gjennomføres undersøkelser av stabiliteten for ulike typer vannverksslam. Det bør velges slam som benytter ulike typer råvannskilder
- Fortykkings- og avvanningsegenskapene til vannverksslammet er lite klart. Erfaringer som foreligger, er i første rekke knyttet til bruk av aluminiumbaserte fellingskjemikalier. Bruk av jernbaserte fellingskjemikalier blir stadig mer vanlig. Prosjektet må derfor legge vekt på å undersøke egenskapene til slam fra bruk av ulike typer fellingskjemikalier. Det bør gjennomføres standardiserte tester som:
 - Fortykkningstester, med og uten polymer
 - CST-målinger
 - Måling av spesifikk filtrermotstand

6.3. Karakterisering med hensyn på disponering

- Som tidligere nevnt foreligger det ikke noen klare retningslinjer for hvordan vannverksslammet kan disponeres. Det er i dag vanskelig å vurdere slammet for bruk i jord-brukssammenheng fordi lite er kjent om slammets sammensetning. Det bør derfor gjennomføres et prosjekt som på en systematisk måte kartlegger sammensetningen av vannverksslammet. Ved gjennomføringen må det blant annet legges vekt på følgende:
 - Systematisk og standardisert prøvetaking
 - Analyse på samme laboratorier
 - Utvelgelse av ulike hovedtyper av vannkilder
 - Utvelgelse av ulike behandlingsprosesser (Al-baserte fellingskjemikalier, Fe-baserte, Moldeprosessen, felling på alkalisk filter)
 - Analyse av tungmetaller og næringssalter i henhold til opplegget som benyttes for deklarasjon av slam fra avløpsrenseanlegg

- Vannverksslammets sammensetning indikerer at det har en dårligere gjødselvirkning enn avløpsslam. I og med at bruk av vannverksslam på jordbruks- eller grøntområder er et alternativ, bør det gjennomføres kontrollerte vekstforsøk. Det bør legges opp til at disse forsøkene gjennomføres i samarbeid med Norsk institutt for planteforskning
- Gjenvinning av fellingskemikalier har vært et aktuelt tema i en årrekke. Pr. i dag er det utviklet en kommersiell metode her til lands, men denne benyttes ikke på vannverk. Gjennomføring av denne type prosjekter krever en massiv medvirkning fra en industripartner. Stockholms Vatten AB har gjennomført noen forstudier, men det er ikke tatt noen endelig avgjørelse mht. om prosjektet skal gjennomføres (Eriksson, 1998). I første omgang kan det være aktuelt å gjennomføre et forprosjekt for å se om det kan være et marked for denne type produkter.

6.4. Effekten av returstrømmer i vannverk

- Ved fortykning av slam returneres normalt klarvannsfasen (dekanteringsvannet) fra fortykkeren til råvannssiden i vannbehandlingsanlegget. Avhengig av kvaliteten på klarvannsfasen vil denne retur-strømmen representere en ekstrabelastning på filtrerings-trinnet (se pkt. 5.1). I tillegg til den faktiske merbelastningen med suspendert stoff er det grunn for å vurdere returstrømmen ut fra en hygienisk synsvinkel. Vil retur av dekanteringsvann også representere en bakteriologisk merbelastning på vannbehandlingsanlegget i og med at partikulært materiale som er fjernet i filteret, blir returnert til innløpet? Normalt benyttes en hjelpekoagulant (polymer) både ved tradisjonell fullrensing og ved direktefiltrering. Ved fortykning av slam benyttes i tillegg polymer for å bedre slammets sedimenteringsegenskaper. Ved avvanning av slam med sentrifuge benyttes polymer som kondisjoneringsmiddel. Rejektvannet fra sentrifugen kan enten føres til kommunalt avløpsnett eller returneres til innløpet av vannbehandlingsanlegget. I dette tilfellet vil det bli dosert polymer til begge returstrømmene som returneres til innløpet, i tillegg til doseringen som skjer i tilknytning til fellingsprosessen. Et prosjekt som skal vurdere returstrømmer i vannverk, bør derfor også omfatte en vurdering av total dosering av polymer i anlegget opp mot de nåværende reguleringer for bruk av denne type stoffer.

6.5. Membranfiltreringsanlegg

- Sammenlignet med utslippene fra anlegg med kjemisk felling, er utslippene fra membranfiltreringsanleggene små (konsentratet er her ikke medregnet). Det forutsettes at alle typer membranlegg har behov for en vaskeprosess. Hvilke kjemikalier som benyttes i vaskeprosessen er for en stor del avhengig av hvilken anleggsleverandør som benyttes. Vaskeprosedyrene anses som en viktig del av hele anleggskonseptet og sammensetningen av kjemikaliene som benyttes er ikke allment kjent.

Det er pr i dag ikke gjennomført undersøkelser som påviser skadelige utslipp fra membranfiltreringsanlegg. Forurensningsmyndighetenes praksis mht. behandling av utslipp fra membranfiltreringsanlegg har variert. I forbindelse med kontraheringen av det til nå største membranfiltreringsanlegget i Norge (Skjelbreia vannverk i Vestre Toten kommune) ble det gitt en omfattende utslippstillatelse for vaskevannet. Etter hvert som anleggsstørrelsen øker vil det tvinge seg fram et behov for dokumentasjon om de miljømessige konsekvensene ved denne type utslipp. Det bør derfor gjennomføres et prosjekt som kartlegger sammensetningen av avløpsvannet fra ulike typer membranlegg. Av undersøkelser som det er aktuelt å gjennomføre, kan nevnes:

- Økotoxikologiske tester
- Kartlegging av evt. dannelse av klororganiske forbindelser

7. Litteratur

Asdal, Å (1997): Slam som gjødsel og jordforbedringsmiddel. NIF-kurs "Vannverksslam og avløpsslam", Fagernes 12-14 nov. 1997.

Blomberg, J. (1997): Metallinnehåll i vattenverksslam, R.Nr 25 okt-97, Stockholm Vatten, oktober 1997.

Borgersen, E. (1998): Personlig kommunikasjon.

DVGW (1986): Behandlung und Beseitigung von Schlamm, slamhaltigen Wässern, Abwässern und Abfällen aus Wasserversorgungsanlagen. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Arbeitsblatt W 221.

Eriksson, U. (1998): Personlig kommunikasjon.

Hansen, T. (1997): Personlig kommunikasjon.

Hem, L.J. (1997a): Fullskala verifisering av resultater fra pilotforsøk på Oset vannbehandlingsanlegg, Rapport LNR 3618-97, Norsk Institutt for vannforskning, Oslo, april 1997.

Hem, L.J. (1997b): Larvik hovedvannverk. Pilotforsøk med humusfjerning og korrosjonskontroll med direktefiltrering og marmorfiltrering, Rapport LNR 3720-97, Norsk Institutt for vannforskning, Oslo, oktober 1997.

Jonasson, B. (1996): Phosphorus Transformations in Alum Sludge Armended Soils, Swedish J. Agric. Res., 26, pp. 69-79.

Kristiansen, J. (1997): Personlig kommunikasjon.

Landbruksdepartementet (1996): Forskrift om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler m.v., 11. september 1996.

Novak, J.; Dovre, D.; Knoche, W.; Taylor, A. and Mutter, R. (1994): Land Application of Alum Sludges. In proceedings from First European Biosolids and Organic Residuals Conference, Wakefield, England 12-16. April, 1994.

Paulsrud, B.; Hem, L.J. og Wien, A. (1995): Behandling og disponering av slam fra Oset renseanlegg. Rapport 95-031. Aquateam – Norsk vann teknologisk senter AS, Oslo.

Persson, B. (1994): Vattenverksslams innverkan på tilgjängligheten av fosfor i marken, Examensarbete vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Schell, H. (1986): Zentrifugen – Oberflächenwasser. DVGW – Schriftenreihe Wasser Nr. 50, pp. 191-201

Seim, A. og Sekse, T. (1997): Kismul vannbehandlingsanlegg, Kommunalteknikk nr. 6-97, pp. 20-22.

SFT (1989): Tilførsel av industriavløp til kommunalt nett. Veiledning TA-679, Statens Forurensningstilsyn, Oslo.

Sosial- og helsedepartementet og Miljøverndepartementet (1996): Forskrift om avløpsslam, 2. januar 1995 med endringer av 27. september 1996.

Tangerud, S. og Aas, Ø. (1995): Erfaringer fra norske vannverk vedrørende slambehandling og slamdisponering. VANN nr. 4/1995.

Thole, S.; Martin, S. und Jekel, M. (1994): Verwertung von eisenhaltigen Wasserwerks-schlammern zur Phosphatelimination. Korrespondenz Abwasser, 11/94, pp. 2024-2028.

VAV (1990): Vattenverksslam, Publikation VAV P67, Svenska vatten- och avloppsverks-föreningen, Stockholm.

WEF/AWWA (1997): Water Residuals and Biosolids Management: Approaching the year 2000, Proceedings from WEF/AWWA Joint Conference, August 3-6, 1997, Philadelphia, U.S.A.

NORVAR-rapporter

- Rapport nr. 1: Aktuelle metoder for myk start/stopp av store motorer.
- Rapport nr. 2: Betongnedbrytning i kloakkbassenger.
- Rapport nr. 3: Register over industribedrifter tilknyttet offentlig avløpsnett. 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 kloakkanlegg. Arbeid utført ved HIAS 1982–87.
- Rapport nr. 6: Organisasjons- og bemanningsplan for VAR-anlegg. Eksempel fra VAR-selskapet 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 oppfølging. 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. Driftskontrollanlegg for VA-transportssystemer. Innsamling og bearbeidning av data.
- Rapport nr. 18: EDB i VAR-teknikken. Sensorer og måleutstyr. Forprosjekt.
- Rapport nr. 19: EDB i VAR-teknikken. Økonomistyring i VAR-sektoren.
- Rapport nr. 20: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Hovedrapport.
- Rapport nr. 20A: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Aerob og anaerob behandling.
- Rapport nr. 20B: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Kalking. Kompostering.
- Rapport nr. 20C: Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Slamavvanning.
- Rapport nr. 20D: Slambehandling og -disponering ved større 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. Østfolden 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 avløpsvirksomheten, Nedre Eiker kommune.
- Rapport nr. 24: NRV-prosjekt. Korrosjonskontroll ved vannbehandling med mikronisert marmor.
- Rapport nr. 25: NORVAR's Slamgruppe. Mal for prosessoppløp av anlegg for stabilisering og hygienisering av slam.
- Rapport nr. 26: NORVAR's Slamgruppe. Installering 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. Regnvannsoverløp.
- Rapport nr. 30: Utvikling og uttesting 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 – konsulentor. Referanseanlegg, litteratur, terminologi.
- Rapport nr. 32: Bruk av statistiske metoder (kjernemetri) til å finne sammenhenger i analyseresultater for avløpsvann.
- Rapport nr. 33: Rapport fra SFT-prosjekt. Evaluering av enkle rensemetoder. Slamavskillere.
- Rapport nr. 34: Rapport fra SFT-prosjekt. Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/finnister.
- 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: Driftsassistanter 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. Kommunikasjonsmedium for VA-installasjoner. Erfaringer fra prøveprosjekt i Sandefjord kommune.
- Rapport nr. 42: Industriavløp til kommunalt nett. Evaluering av utførte industrikartleggingsprosjekter.
- Rapport nr. 43: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk. Resultat fra fullskalaforsøk.
- Rapport nr. 44: Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. Vekstsesongen 1994.
- Rapport nr. 45: Forsøk med forfelling og felling i 2 trinn med polyaluminiumklorid høsten 1993. Kartlegging av slam- og slamvannsstrømmer med og uten forfelling 1993–94.
- Rapport nr. 46: 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: Grunnundersøkelser for infiltrasjon – små avløpsanlegg. Forundersøkelse, områdebefaring 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 korrosjonskontroll i vannledninger
- Rapport nr. 56: Vannforsyning til næringsmiddelindustrien. Krav til vannkvalitet. Vannverkens erstatningsansvar ved svikt i vannleveransen.
- Rapport nr. 57: Trykkreduksjon. Håndbok og veileder.
- Rapport nr. 58: Karbonatisering på alkaliske filter.
- Rapport nr. 59: Veiledere ved utarbeidelse av prosessgarantier.
- Rapport nr. 60: Avløp fra bilvaskeanlegg til kommunalt renseanlegg.
- Rapport nr. 61: Veileder i planlegging av fornyelse av vannledningsnett.
- Rapport nr. 62: Veileder i planlegging av spyling og pluggkjøring av vannledningsnett.
- Rapport nr. 63: Mal for søknad om godkjenning 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: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Filter som hygienisk barriere. Fase 3: Resultater for pilotforsøk og praktiske erfaringer fra vannverk.
- Rapport nr. 68: NORVAR's faggruppe for vannforsyning. Korrosjonskontroll ved Stange Vannverk. Forsøk med tilsetning av mikronisert marmor og CO₂ ved Råvannspumpestasjonen.
- Rapport nr. 69: Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2: Siler/firister
- Rapport nr. 70: Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2: Store slamavskillere samt underlag for veileder.
- Rapport nr. 71: Evaluering av enkle rensemetoder, fase 3: Veileder for valg av rensemetode ved utslipp til gode sjørosipierter.
- Rapport nr. 72: Utviklingstrekk og utfordringer innen VA-teknikken. Sammenstilling av resultatet fra arbeidet i NORVARs gruppe for langtidsplanlegging (LTP) i VA-sektoren.
- Rapport nr. 73: Etablering av NORVARs VA-INFOTORG. Bruk av Internett som kommunikasjonsverktøy.
- Rapport nr. 74: Spisialrapport – 5. utgave. Beskrivelse av 34 EDB-programmer/moduler for bruk i VA-teknikken.
- Rapport nr. 75: NORVARs 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 utenom jordbruket. Forprosjekt.
- Rapport nr. 78: Alternative behandlingsmetoder for fettslam fra fettavskillere.
- Rapport nr. 79: Informasjonssystem for drikkevann, forprosjekt
- Rapport nr. 80: Sjekkliste/veiledning for prosjektering og utførelse av – VA-hoved og stikkledninger – sanitærinstallasjoner
- Rapport nr. 81: Veileder. Kontahering av VA-tekniske prosessanlegg i totalentreprise
- Rapport nr. 82: Veileder for prøvetaking av avløpsvann
- Rapport nr. 83: Rørinspeksjon med videokamera: Veiledning/rapportering – hovedledninger, stikkledninger, avløpskummer
- Rapport nr. 84: Forfall og fornyelse av ledningsnett. Sammenendragsrapport fra perioden 1992–1997
- Rapport nr. 85: Effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken. Strategisk forprosjekt
- Rapport nr. 86: Behandling og disponering av vannverkslam. Forprosjekt