

Håndtering av vannverksslam

Av Bjarne Paulsrud

Bjarne Paulsrud er siv.ing. og daglig leder av Aquateam A/S.

Sammendrag

Artikkelen gir en statusoversikt for håndtering av vannverksslam i Norge. Det er sammenstilt data fra norske vannverk når det gjelder innhold av organisk stoff, næringssalter, fellingskjemikalier og tungmetaller i slam fra "fullrenseanlegg" og direktefiltreringsanlegg. Videre er de vanligste disponeringsalternativene for vannverksslam presentert og diskutert, og det er gitt en kortfattet beskrivelse av "Forskrift om gjødselvarer m.v. av organisk opphav" som vil trå i kraft 1. juli 2002 og vil også gjelde for vannverksslam som skal nyttiggjøres som en ressurs.

Innledning

Tradisjonelt er behandling av drikkevann ansett som en "ren" prosess, dvs. produksjonen av rentvannet har stått i fokus, og ulike typer slam, spylevann og andre "restprodukter" fra vannbehandlingen har fått mindre oppmerksomhet. Denne situasjonen har endret seg de senere årene, og mange vannverk har fått pålegg fra miljøvernmyndighetene om en mer miljøvennlig håndtering av restproduktene.

NORVAR har gjennomført et forprosjekt om behandling og disponering av vannverksslam (Storhaug &

Paulsrud, 1998), og her blir det dokumentert at det er slam og spylevann fra kjemisk felling ("fullrenseanlegg") og spylevann fra direktefiltreringsanlegg som utgjør den vesentligste mengden av restprodukter fra vannbehandlingsanlegg. I tillegg kommer konsentrat fra membranfilteranlegg og regenereringsløsninger fra ionebytteanlegg.

Ved de fleste fellingsanlegg blir slam og spylevann enten ført tilbake til råvannskilden eller ledet til kommunalt avløpsnett. På den måten trenger ikke vannverket å forholde seg til disponeringen av sine restprodukter, så lenge miljøvernmyndighetene eller avløpsrenseanleggene ikke har innvendinger mot disponeringsmetoden.

Denne artikkelen gjelder derfor primært de vannbehandlingsanlegg som selv må finne en disponeringsløsning for sine restprodukter (heretter kalt vannverksslam eller bare slam), og som i den sammenheng må forholde seg til den nye forskriften om gjødselvarer m.v. av organisk opphav. For å få en bedre forståelse av hvorfor denne forskriften også vil gjelde for vannverk, er det gitt en oversikt over typisk sammensetning av vannverksslam samt de mest aktuelle disponeringsmulighetene for dette slammet.

Sammensetning av vannverksslam

Sammenlignet med slam fra avløpsrensaneanlegg foreligger det begrenset med informasjon om sammensetningen av vannverksslam i Norge. I tabellene 1, 2 og 3 er det sammenstilt en

del data fra forskjelling vannverk når det gjelder hhv. nyttestoffer (organisk stoff og næringsstoffer), fellingskjemikalier og tungmetaller i slam fra vannbehandlingsanlegg. Dataene for vannverksslam er sammenlignet med typiske verdier for avløpsslam.

Vannverk	Prøvested	pH	TS (%)	Organisk stoff (% av TS)	Tot-N (% av TS)	Tot-P (% av TS)	K (% av TS)	Ca (% av TS)
Baterød	Slam fra sed.bass.	7,0	1,09	41,1	0,50	0,07	0,36	0,73
FREVAR	Slam fra fortykker	7,1	1,65	45,0	0,75	0,06	0,18	0,81
Vansjø	Spylevann	8,4	0,06	37,5	1,91	0,11	0,72	1,76
Kismul	Avvannet slam	7,7	13,1	44,7	0,72	0,02	0,02	1,46
Aurevann ¹⁾	Avvannet slam	6,9	16,0	63,3	0,86	0,09	0,02	0,25
Norsk avløpsslam (normalverdier) ²⁾		-	-	40-60	2-3	1,5-2	0,1-0,2	-

¹⁾ Hentet fra Paulsrud et al., 2000

²⁾ Kalkbehandlet og kompostert slam har lavere verdier enn angitt her

Tabell 1. Innhold av organisk stoff og næringsalter i vannverksslam (Storhaug & Paulsrud, 1998)

TS-innholdet i slammet reflekterer hvor slamprøven er tatt ut. Resultatene viser at glødetapet (organisk stoff) ligger i området 37,5 – 63,3% av TS. Dette er omtrent som

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.

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

Tabell 2. Innhold av aluminium og jern i vannverksslam

Molvekten for jern er 55,8 g/mol mens den for aluminium er 27,0 g/mol. Dette

forklarer i hovedsak forskjellen i metallinnholdet for de to slamtypene.

Vannverk	Tungmetallinnhold (mg/kg/TS)						
	Cd	Pb	Hg	Ni	Zn	Cu	Cr
Baterød (1998)	0,48	15,5	<0,32	26,8	140	69,7	27,7
FREVAR (1998)	-	16	0,46	18,2	158	65,2	20,9
Vansjø (1998)	-	-	-	39,7	145	110	31,6
Kismul (1998)	1,2	29,4	<0,13	8,5	296	34,7	22,0
FREVAR (1996)	0,36	21	0,14	15,2	154	51,3	23,9
FREVAR (1997)	0,06	6,4	0,1	5,8	91	20,9	5,8
Oset, pilot 1 (1994)	0,88	-	0,126	15,9	-	27,1	33
Oset, pilot 2 (1994)	0,84	17	0,46	10,3	-	71,9	28,6
Kismul (1996)	1,2	19,8	-	4,3	75,9	31	14,3
Kismul (1997)	0,5	23	0,01	4,0	167	15	16
Aurevann (2000)	<0,1	8,6	<0,2	3,4	114	26	7,0
Norsk avløps slam (middelverdier, 2000)	1,0	21	0,9	15	317	244	25

Tabell 3. Innhold av tungmetaller i vannverksslam (Storhaug & Paulsrud, 1998)

Innholdet av kobber og kvikksølv og til dels sink er markert lavere i vannverksslam enn i slam fra kommunale avløpsrensaneanlegg, men for øvrig er ikke forskjellene store. Årsaken til at avløpsslammet har høyere kobberkonsentrasjoner er i første rekke korrosjon på vannforsyningsinstallasjoner. Tabell 3 viser også at tungmetallkonsentrasjonen varierer betydelig fra anlegg til anlegg, i tillegg til variasjonen mellom ulike prøveserier fra det samme anlegget. Tungmetallinnholdet i vannverksslam tilføres fra fellingskjemikalier og fra råvannet, og det prosentvise bidraget fra de to kildene vil variere fra anlegg til anlegg.

Disponering av vannverksslam

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 slamstrøm-

men eller bare dekanterings- og rejektivann 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 råvannskilden 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 ublandet slam eller som bestanddel i gjødselprodukt, jordforbedringsmidler eller dyrkingsmedier)

- gjenvinning av fellingskjemikalier

Myndighetenes reguleringer

Avhengig av hvilken disponeringsløsning som velges, vil det være forskjellige myndigheter som må gi tillatelse til å disponere vannverksslammet. I det etterfølgende er det summert opp hvilke myndigheter og hvilke regelverk som man må forholde seg til ved de forskjellige disponeringsløsningene for vannverksslam:

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.

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, f.eks. 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 en mulighet for at utslippet fra vannverket kan påvirke avløpsrenseanlegget på en negativ måte i forhold til renselanleggets 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.

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

Tabell 4. Konsentrasjonsgrenser for kommunalt avløpsvann (SFT, 1989)

Deponering av avvannet slam

Det har hittil (høsten 2001) ikke vært noen klare holdninger hos forurensningsmyndighetene (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 de fleste 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.

Når vannverksslammet fra 2002 blir regulert innenfor den nye fellesforskriften ("Forskrift om gjødselvarer m.v. av organisk opphav") sammen med bl.a. avløpsslam og våtorganisk avfall, må en være forberedt på at det kan bli vanskelig å få aksept for deponering av vannverksslam, selv om det organiske materialet i slammet nedbrytes sakte.

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 disponer-

ingsløsningen være underlagt den nye "Forskrift om gjødselvarer m.v. av organisk opphav". Dette innebærer at når vannverksslam inngår som bestanddel i gjødsel, jordforbedringsmidler og dyrkingsmedier, vil forskriftens kvalitetskriterier for gjødselvarer basert på organisk avfall gjelde. Disse kriteriene inneholder bl.a. kvalitetskrav til avfallstypene og til ferdig produkt, samt dokumentasjonskrav og krav til merking/varedeklarasjon (se for øvrig eget kapittel om den nye forskriften).

Hvor aktuelle er de forskjellige disponeringsalternativene ?

Det er stor sannsynlighet for at de disponeringsløsningene som er dominerende 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.

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 føres til kommunalt avløpsnett.

Der hvor vannverket er plassert slik at det er muligheter for å føre slammet (fortykket eller uforykket) til kommunalt ledningsnett/avløpsrensean-

legg, vil dette ofte være den beste disponeringsløsningen. Det forutsetter imidlertid at man kommer til enighet med rensesanleggs-eieren om en innslippsavtale, som bl.a. regulerer påslippsprosedyrer for å unngå støtbelastninger på rensanlegget. 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 avløpsrens-anlegget. I en tysk undersøkelse (Thole et al., 1994) har man sett på effekten av å tilføre jernholdig vannverksslam til avløpsrens-anlegg 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 mol-forhold (Fe/P) større enn ca. 5. En svensk undersøkelse (Øman, 1998) konkluderer med at det er vanskelig å se noen effekter i det hele tatt så lenge mengden vannverksslam utgjør en liten andel av avløpsmengden. Dette gjelder i hvert fall så lenge mengde suspendert stoff (SS) i slammet utgjør mindre enn 10% av den SS-mengden som tilføres via avløpsvannet. 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, men det er vanskelig å si om fylkesmennene vil godkjenne slike løsninger, så lenge det er gitt forbud om at organiske avfallsstoffer ikke skal deponeres. Det er sannsynlig at det i hvertfall 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 tabell 1 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 avløps-slam. En svensk sammenligning av vannverksslam og avløps-slam basert på forholdet mellom tungmetall- og fosforinnhold, viser imidlertid at vannverksslammet tilfører mer tungmetaller pr. fosforenhet enn det avløps-slam 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 lett-løselige 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.

Bruk av vannverksslam som bestanddel i jordblandinger som skal brukes som vekstjord eller dyrkingsmedium i parker, hager og andre grøntanlegg, ser ut til å være et godt alternativ som Statens Landbruks-tilsyn har gitt godkjenning for (Paulsrud et al, 2000). Avvannet slam fra Aurevann vannbehandlingsanlegg blir kjørt til et nærliggende avfallsanlegg hvor en entreprenør driver jordproduksjon og benytter vannverksslammet (ca. 1000 m³/år) som et tilsetningsstoff til visse jordblandinger.

Gjenvinning av fellingskjemikalier fra vannverksslam har vært vurdert i forbindelse med et forprosjekt for utvidelse av Oset vannbehandlingsanlegg i Oslo (Paulsrud et al., 1995) og også i forbindelse med slamdisponeringen for Aurevann vannbehandlingsanlegg i Bærum (Paulsrud et al., 2000). I sistnevnte tilfelle konkluderte Kemira Kemwater, som har gjennomført pilotforsøk i Sverige (bl.a. for Stockholm Vatten AB) med at det var nødvendig å ha større slammengder enn ved Aurevann (ca. 130 tonn TS/år) for at det skulle være økonomisk forsvarlig å etablere et gjenvinningsanlegg. Det kan derfor synes som om den mest aktuelle resirkuleringen av fellingskjemikalier på kort sikt vil være å utnytte vannverksslammet ved tilførsel til avløpsrensaneanlegg som har kjemisk felling.

Forskrift om gjødselvarer m.v. av organisk opphav

Denne forskriften skal i følge Landbruksstilsynet trå i kraft fra 1. juli 2002, men den foreligger pr. 15.02.02 ikke i sin endelige versjon. Etterfølgende presentasjon av hovedlinjene i forskriften er derfor basert på høringsutkastet som ble sendt ut høsten 2000, og det vil bli endringer i forhold til dette, basert på høringsuttalelsene.

Den nye forskriften vil være en samordning av allerede eksisterende forskrifter:

- Forskrift om avløpsslam (Slamforskriften)
- Forskrift om handel med gjødsel og jordforbedringsmidler m.v. (Gjødselvarerforskriften) (Unntatt mineralgjødsel og kalk)
- Forskrift om husdyrgjødsel (Husdyrgjødsel-forskriften)
- Forskrift om silopressaft (Silopressaftforskriften)

Forskriften omfatter gjødselvarer av organisk opphav, og det er spesielt nevnt husdyrgjødsel, silopressaft, avløpsslam, slam fra vannrensaneanlegg, kompostprodukter og annen organisk gjødsel, organisk-mineralsk gjødsel, dyrkingsmedier, jordforbedringsmidler, jorddekkingsmidler, råtnerester, forbrenningsprodukter.

Den nye samordnete forskriften vil få følgende hovedinnhold:

- Del I Innledende bestemmelser (Formål, virkeområde m.m.)
- Del II Bestemmelser om tilvirking (Internkontroll, prøvetaking/-

analyser, kvalitetskrav, registrering og rapportering, merking, markedsføring, omsetning)

- Del III Bestemmelser om lagring og bruk (Krav til lagring (plasse-ring, avstandskrav, lagertyper), krav til bruk (spredetidspunkt, kvalitetsklasser og bruksområder, jordkvalitetskriterier))
- Del IV Utfyllende bestemmelser (Til-syn, avgifter, unntak, straff, klage m.m.)
- Del V Vedlegg (Definisjoner, råvare-liste)

Det blir innført krav om internkontroll av "produksjonen" av de råvarer som omfattes av forskriften (f.eks. vannverksslam). Denne kvalitetssikringen kommer i tillegg til HMS-internkontrollen og IK-Mat for vannverk som benytter slammet som en ressurs på jordarealer.

Det vil sannsynligvis bli innført 4 kvalitetsklasser for produktene som kommer inn under den nye forskriften (se tabell 5).

Kvalitetsklasser	0	1	II	III
Cd, mg/kg TS	0,4	0,8	2	5
Pb, mg/kg TS	40	60	80	200
Hg, mg/kg TS	0,2	0,6	3	5
Ni, mg/kg TS	20	30	50	80
Zn, mg/kg TS	150	400	800	1500
Cu, mg/kg TS	50	150	650	1000
Cr, mg/kg TS	50	60	100	150

Tabell 5. Maksimalgrenser for tungmetallinnhold i de forskjellige kvalitetsklasser

Råvarer som inngår i produkter i kvalitetsklassene 0, I og II, må tilfredsstillende kravene til innhold av tungmetaller i klasse II. Råvarer som inngår i kvalitetsklasse III må tilfredsstillende kravene til innhold av tungmetaller i klasse III.

For de ulike kvalitetsklasser gjelder følgende bruksområder og mengdebegrensninger (Der råvarer inngår som komponent i et annet produkt, gjelder mengdebegrensningene for den aktuelle komponenten):

Kvalitetsklasse 0: Kan nyttes på jordbruksareal, private hager og parker.

Tilført mengde må ikke overstige plantenes behov for næringsstoffer.

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 skal 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.

Det er også et generelt krav at produkter skal være stabilisert slik at de ikke forårsaker lukt eller andre miljøproblemer ved lagring og bruk, og produktene må være hygienisert slik at de ikke inneholder *Salmonella* bakterier eller infektive parasittegg, og innholdet av termotolerante koliforme bakterier skal være mindre enn 2500 pr. gram tørrstoff.

For jordblandinger som inneholder råvarer som omfattes av forskriften, kan blandingen ikke inneholde mer enn 30 volumprosent (før blanding) av den aktuelle råvaren (f.eks. vannverksslam).

Den nye forskriften vil få en utøvende myndighet i Statens Landbrukstilsyn. De skal fungere som "postkasse" for alle henvendelser og skal rådføre seg med helse- og miljøvernmyndigheter der dette er nødvendig. Statens Landbrukstilsyn vil også være klageinstans for vedtak fattet av fylkesmannen (gjelder forskriftens del III).

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.

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 Amended Soils, Swedish J. Agric. Res., 26, pp. 69-79.

Kristiansen, J. (1997): Personlig kommunikasjon.

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 rensesanlegg. Rapport 95-031. Aquateam – Norsk vanneteknologisk senter AS, Oslo.

Paulsrud, B.; Storhaug, R. og Lundar, A. (2000): Vurdering av

alternativer for disponering av vannverksslam fra Aurevann renseanlegg. Rapport 00-016. Aquateam – Norsk vannteknologisk senter AS, Oslo.

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

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.

Storhaug, R. og Paulsrud, B. (1998): Behandling og disponering av vannverksslam – Forprosjekt, NORVAR-rapport 86/1998, Hamar.

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 Wasserwerksschlamm zur Phosphatelimination. Korrespondenz Abwasser, 11/94, pp. 2024-2028.

Øman, J. (1998): Överledning av vattenverksslam till reningsverk, Rapport fra Stockholm Vatten AB.