

# Behandling og bruk av slammet fra SRV, Sentralrenseanlegget Vest for Oslo, Bærum og Asker

Av Ove Molland og Henry Haaland

Ove Molland er cand.real. fra Universitetet i Oslo og arbeider som forsker ved mikrobiologisk institutt, Norges Landbruks-høyskole.

Henry Haaland er siv.ing. fra NTH og ansatt i Vestfjorden Avløpsselskap — VEAS.

*Innlegg holdt på møte i Norsk Vannforening 28. april 1980.*

## Sentralrenseanlegg Vest — SRV — skal være i regulær drift våren 1982.

I september 1976 opprettet kommunene Asker, Bærum og Oslo Vestfjorden Avløpsselskap — VEAS som et ledd i tiltakene for å få tilbake en ren Oslofjord. VEAS's oppgave skulle være å bygge ut og drive et felles oppsamlingssystem for kloakk fra medlemskommunene på vestsiden av Oslofjorden, et renseanlegg (SRV — beliggende i fjellet under Bjerkås i Asker) og utslippssystem for den rensede kloakken på ca. 50 m dyp i Oslofjorden, ca. 750 m fra land.

Anleggsarbeidene ble oppstartet våren 1977, og anleggene skal være i regulær drift våren 1982.

Rensedistriktet er på ca. 190 km<sup>2</sup> og omfatter kommunene Asker, Bærum og Oslo vest for Akerselva.

Kloakk fra vel 300.000 personer og fra erverv og industri tilsvarende ca. 250.000 pe. skal knyttes til de ca. 40 km lange oppsamlingstunnelene. Ca. halvparten av disse ligger i Oslo, og bygges ut i Oslo

kommunes regi. Avløpsmengden vil utgjøre ca. 3 m<sup>3</sup>/s på årsbasis når alle tilknytninger er foretatt.

## Kloakken skal renses i et mekanisk-kjemisk renseanlegg.

Basert på undersøkelser i Oslofjorden og anbefalinger fra NIVA er det valgt en mekanisk-kjemisk renseprosess (primærfelling). Denne prosessen er mere robust overfor variasjoner i belastningen og kloakkens sammensetning enn f.eks. konvensjonelle biologiske prosesser. Det utette oppsamlingsnett gjør at det kommer store infiltrasjonsvannmengder inn på tunnelene i nedbør- og snøsmelteperioder. Dette fortynner kloakken, og kan gi vannføringer på 4,8 m<sup>3</sup>/s inn på renseanlegget over lengre perioder.  $Q_{dim} = 2,7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Etter konsesjonskravene fra SFT skal det rensede vannet ha et totalt fosforinnhold under 0,5 mg/l i gjennomsnitt over året.

Renseanlegget er forberedt for å kunne bruke flere alternative fellingskjemikalier til fosforutfellingen. Mest aktuell er jernklorid, aluminiumsulfat (AVR) og kalk i kombinasjon med sjøvann. Det første driftsåret vil bli et prøveår og en har valgt

å starte med jernklorid som hovedfellingsmiddel, men vil i 1/4 av anlegget også drive forsøk AVR og kalk + sjøvann som fellingsmiddel.

### **Slamproduksjonen vil hver dag bli på 30—50 tonn tørrstoff.**

Slammengdene som produseres er bl.a. en funksjon av kloakkens mengde og sammensetning, hvilke utslippskrav som skal oppfylles og type og mengde fellingsmiddel som må tilsettes for å oppfylle kravet. Ved SRV er det beregnet en slamproduksjon på 30—50 tonn tørrstoff (TS) pr. dag ved bruk av AVR eller jernklorid og noe høyere ved bruk av kalk + sjøvann.

### **Faglig/politisk målsetting for behandling og disponering av slammet fra SRV.**

VEAS opprettet en politisk/faglig slamgruppe som skulle se på behandling og bruk av slammet i et helhets perspektiv. Gruppen formulerte følgende målsetning:

Slambehandlingen og disponeringen skal:

1. Være hygienisk betryggende både for de som arbeider med og andre som kan bli berørt av slambehandlingen eller disponeringen.
2. Ta hensyn til ønske om å bruke mest mulig slam i jordbruket eller på grøntarealer.
3. Ikke medføre uakseptabel forurensning av jord, luft og vann hverken på kort eller lang sikt.
4. Ha en gunstig økonomi hvor det også tas hensyn til endelig disponering av slammet.
5. Være driftssikker og betjeningsvennlig.

Slammet fra SRV skal tilsettes kalk, avvannes til et TS-innhold på ca. 35%, og brukes på fyllinger, i jordbruket og på grøntanlegg etter kompostering.

Basert på målsettinger ovenfor anbefalte slamgruppen bl.a. følgende retningslinjer for det videre arbeidet med slamspørsmålet:

1. Bygging av råtnetanker utsettes. Anlegget planlegges og bygges slik at råtnetankene kan bygges senere, dersom erfaringer og forsøk tilsier dette.
2. Slammet ved SRV avvannes i kammerfilterpresser så slamkaken får et tørrstoffinnhold på ca. 35%.
3. Det avvannede slammet forutsettes disponert med:
  - A. ca. 1/4 på jordbruksarealer.  
Slammet forutsettes kjørt direkte for spredning eller til godkjente opplagsplasser i jordekanten inntil spredningen finner sted. Spredningen forutsettes utført av bøndene selv.
  - B. ca. 2/4 på grøntanlegg.  
Slam til dette bruk forutsettes først kompostert og/eller mellomlagret tilstrekkelig lenge.
  - C. ca. 1/4 på fyllinger.  
Slammet kan nyttes som toppdekke evt. også som dekkmasse mellom lagene.
4. Hvis avsetning av slam eller slamkompost skulle svikte eller man får problemer med å overholde kvalitetskravene, må man være forberedt på deponering i fylling som en nødløsning til andre metoder er etablert.
5. Det skisserte opplegget søkes godkjent av de bestemmende myndigheter, og forutsettes om nødvendig avløst av an-

nen behandlingsmåte som f.eks. utråtning, reaktorkompostering eller andre former for slambehandling.

### **Intern slambehandling.**

Den interne slambehandlingen består av fortykking, tilsetning av kalk som kondisjoneringsmiddel (ca. 20 vekt % Ca (OH)<sub>2</sub> av TS-innholdet) og avvanning i membranfilterpresser. Det forutsettes at tørrstoffinnhold i slamkaken blir på ca. 35%. (Hvis det benyttes kalk + sjøvann i vannrensingen, kan slammets avvannes uten kalkkondisjonering).

Fortykkerne skal også fungere som buf-ferlager for slam i helgene. For å gardere seg mot evt. luktulempen, er det mulig å sette kalk til fortykkerne.

### **Bygging av råtnetankene utsettes.**

En har foreløpig valgt å utsette bygging av råtnetanker bl.a. fordi en da vil spare store kostnader, råslammet kan komposteres uten innblandingmaterialer, en står friere ved valg av fellingskjemikalier og slammets blir mere velegnet til jordbruksformål. Tilsvarende energimengde som var beregnet å kunne utnyttes fra råtnegasen (til oppvarming på anlegget), skal nå «tas» fra det rensede avløpsvannet via en varmepumpe. SRV er planlagt med mulighet for å bygge til et utråtningsanlegg senere hvis dette viser seg nødvendig.

### **Kalktilsetningen reduserer sykdomsfremkallende organismer, utsetter nedbrytningen av organisk stoff og reduserer luktproblemer.**

Ved å kondisjonere med ca. 20 vekt % Ca (OH)<sub>2</sub> av TS-innholdet vil pH komme opp i ca. 11. Hvis tilsetningen økes til ca. 30 vekt % Ca (OH)<sub>2</sub>, ventes pH å øke

til ca. 12. Kalking til pH over 11 reduserer innholdet av patogene organismer mere enn utråtning. Ett eksempel på dette er vist i tabell 1.

De pressene som er innkjøpt for avvanningen, har den fordel at kalkdoseringen kan varieres. Hvis slammets skal komposteres, ønsker vi å bruke relativt lite kalk, mens slammets som skal kjøres til jordbruket må tilsettes så mye kalk at de hygieniske krav kan tilfredsstilles.

Erfaringene vil avgjøre hva som er riktig tilsetning. I alle fall vil denne kalkmengden ha en positiv effekt i jordbruksammenheng. Kalktilsetningen vil også bedre hygiene- og luktforholdene ved utkjøring/mellomlagring.

Kalkkondisjoneringen fører bare til en midlertidig stabilisering av slammets. Med tiden synker pH til et nivå (ca. 9) hvor den mikrobielle nedbrytningen av det organiske materialet starter. Dersom slammets er blitt for rått p.g.a. nedbør under lagring, kan en risikere anaerob råtning og noe luktproblemer ved spredning.

Den høye pH medfører at H<sub>2</sub>S (som er en vesentlig årsak til lukt fra slam) bindes som HS og S. Ved høy pH får man avdrivning av amoniakk. Denne har giftvirkning på mange patogene organismer.

### **Mange fordeler med langtgående slamavvanning.**

Avvanningsutrustningen som er valgt har mange fordeler selv om andre avvanningsmaskiner isolert sett kan være billigere.

— Slampressing er en diskontinuerlig prosess, men den kan og skal automatiseres med de valgte pressene på SRV.

Tabell 1. *Innhold av indikator- og patogene bakterier i råslam, anaerobt utgjæret og kalkstabilisert slam fra LEBANON renseanlegg, OHIO.*

Sludge type	Total coliform <sup>a</sup>	Bacterial density, number/100 ml			
		Fecal coliform <sup>a</sup>	Fecal streptococci	Salmonella <sup>c</sup>	Ps. aeruginosa
Raw					
Primary	2.9 x 10 <sup>9</sup>	8.3 x 10 <sup>8</sup>	3.9 x 10 <sup>7</sup>	62	195
Waste-activated	8.3 x 10 <sup>8</sup>	2.7 x 10 <sup>7</sup>	1.0 x 10 <sup>7</sup>	6	5.5 x 10 <sup>3</sup>
Septage	2.9 x 10 <sup>8</sup>	1.5 x 10 <sup>7</sup>	6.7 x 10 <sup>5</sup>	6	754
Anaerobically digested					
Mixed primary and waste-activated	2.8 x 10 <sup>7</sup>	1.5 x 10 <sup>6</sup>	2.7 x 10 <sup>5</sup>	6	42
Lime stabilized <sup>b</sup>					
Primary	1.2 x 10 <sup>5</sup>	5.9 x 10 <sup>3</sup>	1.6 x 10 <sup>4</sup>	<3	<3
Waste-activated	2.2 x 10 <sup>5</sup>	1.6 x 10 <sup>4</sup>	6.8 x 10 <sup>3</sup>	<3	13
Septage	2.1 x 10 <sup>3</sup>	265	665	<3	<3
Anaerobically digested	18	18	8.6 x 10 <sup>3</sup>	<3	<3

<sup>a</sup>Millipore filter technique used for waste-activated sludge and septage. MPN technique used for other sludges.

<sup>b</sup>To pH equal to or greater than 12.0.

<sup>c</sup>Detection limit = 3.

- Kalktilsettingen kan varieres innenfor relativt vide grenser, men den reelle avvanningskapasiteten øker med økende kalktilsetting.
- Slammet blir så tørt (ca. 35%) at det ikke «kliner» seg til transportutstyr m.v. Det gir derved mindre smitte og forurensningsfare enn våtere slam. Lukten fra tørt slam er erfaringsmessig mindre enn fra våtere slam.
- Slamtransporten forutsettes å kunne skje med bil uten overdekking av lasten.
- Det tørre slammet gir ikke sigevann ved lagring, men overflateavrenning

p.g.a. regn og snø kan forekomme og må tas hensyn til.

- Slammet får så fast struktur at det ikke siger utover ved lagring og antas i små lagerhøyder (inntil 2 m) å beholde en åpen nok struktur til luftgjennomblåsing.

#### Verdien av kloakkslammet på jordbruksarealer.

Tabell 2 viser antatt innhold av organisk stoff, plantenæringsstoffer og kalk i SRV-slammet. Dessuten vil det inneholde mikronæringsstoffer m.v.

Tabell 2.

*Slammet inneholder antydningvis*

	Tørrstoffet i slammet inneholder %	2 tonn* Tørrstoff inneholder	Tilgjenge- lighet %
Nitrogen	2	40 kg	20
Fosfor	1.7	34 kg	30—40
Kalium	0,1	2 kg	100
Kalk (CaO)	12,5	250 kg	100
Organisk stoff	50—60		

\*) anbefalt mengde

Sammensetningen gjør det velegnet til bruk på kornarealer, spesielt på nydyrkede og bakkeplanerte arealer.

Effekten av slamtilførselen varierer med tilført mengde jordart og dyrkningsform. Med full utnyttning av de tilgjengelige stoffene i slammet er det antydnet en verdi på kr. 135,— pr. tonn tørrstoff.

SRV's slamproduksjon på f.eks. 45 t. TS/d representerer derved en verdi på opptil ca. 2 mill.kr./år. Til fradrag kommer ekstraarbeid med utkjøring, spredning, organisering av utkjøringen med søknad til de lokale helserådene o.s.v.

Erfaringene viser at bønder som har brukt slam gjerne vil ha mere. Det forutsettes av VEAS kjører ut slammet til den enkelte gård, men at bøndene selv foretar spredningen.

### **Det finnes store jordbruksarealer som egner seg for mottak av slam fra SRV.**

I dag anbefales å bruke en slammengde på ca. 5 tonn TS/da på nydyrkede og bakkeplanerte arealer og 2 tonn TS/da, 10 år på arealer i regulær drift med produksjon av korn og oljevekster.

En oversikt over jordbruksarealene viser at ca. 25.000 da kan egne seg for slamtilførsel i områdene nær SRV, d.v.s. i kommunene Bærum, Asker, Røyken og Hurum. Ser man på hele Akershus, har fylket et kornareal —, ca. 600.000 da i drift. Det er dessuten antatt årlig nydyrking av ca. 10.000 da og planering av ca. 4000 da.

Størsteparten av disse arealene ligger nord og øst for Oslo og transportkostnadene for slam fra SRV kan derfor bli høye, men potensielle jordbruksområder for bruk av kloakkslam finnes. Det er også i tillegg aktuelt med utkjøring til flere kommuner i Buskerud.

### **Halvparten av slamproduksjonen ved SRV skal komposteres.**

Kompostering er en velkjent metode for stabilisering og hygienisering av kloakkslam. Det finnes mange komposteringsvarianter fra «haugkompostering» til ulike reaktorkomposteringsformer.

VEAS har valgt å kompostere v.h.a. kontrollert lufting av slammet. Komposteringen skjer ved at det avvannede råslam-

met tippes i ca. 2 m høyde på en betongplate med innlagte luftekanaler. Luft blåses og suges vekselvis gjennom slammet med vifter. Dermed sikres både bunn og overflate-sjiktene oppvarming og hygienisering. Hvis slammet p.g.a. kondisjoneringsen med kalk har for høy pH til spontan kompostering, vil CO<sub>2</sub>-innholdet i luften buffre kalken slik at pH synker. ( $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ).

Eventuelt kan avtrekksluft med høyt CO<sub>2</sub>-innhold fra slam under kompostering blåses inn i det ferske slammet. Komposteringen med kontrollert lufting må foregå så lenge at det vesentligste av fettstoffene som forbruker mye oksygen og utvikler mye varme, er brutt ned og tørrstoffet har øket så mye at råkomposten ikke blir anaerob ved lagring. Etter 2—3 uker transporteres råkomposten med hjullaster til et komposteringslager hvor det lagres i 3—4 m høyde.

Også i kompostlageret vil det skje en viss kompostering og varmeproduksjon. Dette sikrer ytterligere hygienisering av slammet. Etter en stund, når de lett nedbrytbare stoffene er brukt opp, synker temperaturen.

Etter en modnings- og lagringstid på 3—6 mnd. transporteres komposten ut til brukerne.

I tillegg til den luftede platen og kompostlaget vil det bli opparbeidet et areal for lagring og haugkompostering av slam dersom det oppstår problemer med komposteringen eller kjøring til jordbruket, dersom slamkvaliteten er uakseptabel for kompostering eller ved topper i slamproduksjonen. Dette slammet, som komposteres under mindre kontrollerte forhold og over lengre tid, kan få en lavere hygienisk kvalitet og bør fortrinnsvis brukes på veiskråninger o.l.

### **Komposteringen foregår uten innblandingmaterier.**

Det vanligste utgangspunktet for kompostering har vært slam avvannet til ca. 20% tørrstoff. Til en volumdel slam blandes ofte inn 2—3 volumdel bark, sagflis o.l. Den egentlige årsaken til at en bruker innblandingmaterier i slam med lavt tørrstoffinnhold er å *forbedre strukturen og derved sikre lufttilførselen*. Ved SRV skal det installeres membranfilterpresser som gir et slam med omkring 35% tørrstoff. Slammet er da i en fast fase og porøst nok til å sikre lufttilgang og derved kompostering uten innblandingmaterier. Dette forenkler komposteringen og gjør den mindre kostbar. En slipper innkjøp av innblandingmaterier, unngår selve innblandingen som kan være problematisk, trenger ikke å sikte komposten og får et betydelig mindre volum å behandle.

I tillegg til å forbedre strukturen vil innblandingmaterier være «brennstoff» ved kompostering av stabilisert slam, det minsker nitrogentapet og senker pH ved kompostering av kallet slam.

Det er en utbredt misforståelse at innblandingen primært foretas for å få et mer optimalt C/N forhold (forhold mellom karbon og nitrogen). Et optimalt C/N forhold angis oftest til å være mellom 25 og 35, mens kjemisk råslam stort sett har et C/N forhold på rundt 15. Gjennom prosjektet «Frilandskompostering av råslam» (se Vann, IB 1980) er det vist at det lave C/N forholdet ikke er til hinder for at råslam kan komposteres uten innblanding av såkalte «karbonbærere». Konsekvensen av det lave C/N forholdet er at noe av nitrogenet tapes som ammoniakk.

### **Kontrollert lufttilførsel øker komposteringshastigheten.**

En absolutt forutsetning for komposteringsprosessen er tilførsel av luft (oksygen). I en komposterende haug skjer lufttilførselen ved en «skorsteinseffekt». Den høye temperaturen inne i haugen varmer opp luften som stiger til værs samtidig som kald luft trekkes inn fra sidene. Selv om relativt store mengder luft kan strømme gjennom komposten på denne måten vil oksygentilførselen være begrensende. Komposteringen tar derfor relativt lang tid, 2—3 måneder. Ved å blåse luft inn i slammet kan komposteringstiden senkes til 2—3 uker.

Med de store slammengdene som vil bli produsert ved SRV har en valgt kontrollert lufting, både fordi prosessen lettere kan styres, fordi hygieniseringen blir bedre og fordi areal og arbeidsinnsatsen er betydelig lavere enn ved rankekompostering. Dette er forøvrig i tråd med de tendenser en ser i USA og Europa der en forlater rankekompostering med vending (og også tradisjonell reaktorkompostering) til fordel for kompostering med kontrollert lufting.

### **Komposteringen går hurtigst ved ca. 60°C.**

Det er i hovedsak tre stoffgrupper som i større eller mindre grad brytes ned under komposteringen; fett, proteiner og cellulose. Fett og proteiner brytes hurtig ned av bakterier som er virksomme ved temperaturer opptil 75—80°C. Cellulose derimot brytes ned av andre bakterier som inaktiveres og dør dersom temperaturen blir vesentlig høyere enn 60°C. Skal derfor stabiliseringen av slammet skje hurtig og

fullstendig, inklusive cellulosedelen, må temperaturen holdes på ca. 60°C. Dette kan være et problem spesielt de første dagene av komposteringen når energirikt fett hurtig brytes ned og det frigjøres store varmemengder. En effektiv måte å kontrollere temperaturen på er å regulere lufttilførselen. Dersom en øker luftinnblåsing, øker vannavdampingen og der ved synker temperaturen. Ved å regulere luftinnblåsing slik at temperaturen ikke overstiger ca. 60°C, oppnår en at: nedbrytningen av det organiske stoffet (inklusive cellulose) skjer hurtig, at en større del av den frigjorte energien går med til vannavdampning, at tørrstoffinnholdet stiger raskt og at vekten av slammet avtar hurtig.

Ved kontrollert lufting søker en å regulere luftintensiteten (og dermed vannavdampingen) etter varmeproduksjonen. Dvs. at en i begynnelsen av komposteringsfasen, når energirike fettforbindelser brytes ned, blåser inn mere luft enn senere.

### **Komposteringen halverer slammengdene.**

Kompostering med luftinnblåsing (2—3 uker) reduseres vekt og volum av slammet med ca. 40%. Ved modning/lagring av komposten skjer en ytterligere reduksjon. I forhold til utgangsmaterialet er volumet av den ferdige komposten ca. 50% og vekten ca. 40—50%.

Tabell 3 viser eksempel på antatt massebalanse fra kompostering av 64 tonn råslam fra SRV.

Tabell 3. Antatt massebalanse for kompostering av jernklorid felt råslam fra SRV.  
pr. arbeidsdag)

	Masse, tonn					Tørrstoff %	Tørrstoff Vann'	Total vekt	Tørrstoff %	Volumvekt tonn/m <sup>3</sup>	Volum m <sup>3</sup>
	Organiske stoff	Uorganiske stoff	Kalk	Tørrstoff	Vann'						
Start	35	20	9	64	119	35	0,75	183	35	0,75	244
Etter 16 dg. lufttinnbl. % reduksjon	25	20	9	54	57	49	0,65	111	49	0,65	171
Ferdig kompost % reduksjon	19	20	9	48	32	ca. 60	0,65	80	ca. 60	0,65	123
	45	—	—	25	73	56		56			50

1) Produksjon av vann under komposteringen er neglisjert.

### Komposteringsplassen er foreslått anlagt i tilknytning til Isi søppelfyllplass i Bærum.

Fordelen med en slik lokalisering er at man på området allerede har aksept for en del miljøpåvirkning f.eks. lukt, lokaliseringen generer ikke boligområder, vann og avløp er lagt frem til området og maskiner og mannskap m.v. bør i noen grad kunne brukes både på søppelfyllplassen og på komposteringsanlegget.

Ulempene er imidlertid at avstanden fra SRV, ca. 20 km, er for lang og transportkostnadene av råslam til komposteringsplassen antas å utgjøre ca. 1 mill. kr. pr. år når halve slamproduksjonen skal komposteres. Det har ikke vært mulig å finne et akseptabelt sted nærmere anlegget.

### Bruk av slamkompost.

Komposten forutsettes brukt som vekstmedium og humustilskudd på grøntanlegg, f.eks. i parker, på veiskråninger, ved industrianlegg o.s.v. Distribusjon av kompost til private hager hvor grønnsakdyrking til eget forbruk kan bli aktuelt, tillates foreløpig ikke.

Avhengig av forholdene er det regnet med å bruke opp til 5 cm ren kompost som blandes i massene på stedet. Hvis halve SRV's slamproduksjon komposteres og brukes på denne måten, vil det hvert år dekke behovet på ca. 350 da.

### Fleksibel og økonomisk løsning for VEAS.

Den differensierte behandling og bruk av slammene fra SRV gjør opplegget relativt fleksibelt og sikkert. Komposteringen kan skje hele året, mens utkjøring til jordbruket kan bli hindret i deler av året p.g.a. fremkommelighetene e.l.l.



Selv om det finnes et stort potensiale for avtak av slam og kompost, kan kontinuerlig avsetning ikke garanteres og «reserveløsning» med tipping i eller på reserveareal er forutsatt. Dette er også nødvendig hvis slamkvaliteten av en eller annen årsak blir uegnet til videre bruk.

Anleggskostnadene for komposteringsanlegget på Isi med kapasitet til hele VEAS slamproduksjon er beregnet til størrelsesorden 5 mill. kr. Dette er langt rimeligere enn andre slambehandlingsanlegg som kunne være aktuelle for VEAS, f.eks. tørke og/eller forbrenningsanlegg eller reaktorkompostering.

Tømming av slam i sjøen eller i store slamdeponi er billigere enn den valgte løsningen, men aksepteres ikke idag.

### **Den foreslåtte slamdisponeringen er godkjent av helse- og forurensningsmyndighetene.**

Godkjenningen er imidlertid gjort midlertid, og forutsetter bl.a. et overvåkningsprogram for å påse at disponeringen ikke medfører uønsket forurensning eller helserisiko. Ytterligere tiltak kan om nødvendig pålegges.

Litt.: EPA 625/1-79-011.

«PROCESS DESIGN MANUAL FOR SLUDGE TREATMENT AND DISPOSAL».