

# Slamhåndtering på små renseanlegg

Av Jørunn Ofte

Jørunn Ofte er sivilingeniør og ansatt i firmaet  
Ingeniør Vidar Tveiten A/S, Seljord.

## Innledning

For 10—12 år siden gjaldt det nærmest en myte om at små renseanlegg av «vår» type ikke produserte slam. Alle trodde på dette og få eller ingen la til rette et system for håndtering av dette slammene. Flere anlegg på markedet ble tilbudt uten så pass som en luftet slam-silo. En slik løsning uten noen form for slamlagring er ikke lenger «god latin». Driftspersonalet på anleggene ble nemlig ganske snart smertelig klar over at slam får man på et renseanlegg med eller mot sin vilje og uavhengig av leverandørens eller konsulentens utsagn. Tilfredsstillende slambehandling må derfor etableres også på små anlegg.

## Hva er små anlegg?

Hva som er ansett å være et lite renseanlegg avhenger av med hvilken innfallsvinkel man stiller spørsmålet og foretar inndelingen. Når det gjelder vannbehandlingen benyttes i prinsippet like prosesser og utstyr ned til de minste anlegg og små anlegg i den sammenheng er kanskje i de fleste bevissthet  $< 500$  pe. Andre setter grensen ennå lavere og ofte helt ned på pakkeanleggene for «huskruller» og spredt bebyggelse.

Med bakgrunn i slamhåndteringen setter de fleste *et skille på anlegg med og uten slamavvanning*, men det er ofte

divergerende oppfatninger av hvor grensen da skal gå. Mange synes å mene at anlegg  $> 1000$  pe generelt bør utstyres med slamavvanning, noen trekker grensene ennå lavere.

I NTN-utvalgets prosjekt «Slamavvanning ved mindre renseanlegg» trekkes grensene helt opp ved 1500—2000 pe. Bakgrunnen for å sette denne begrensning var [2]:

- Med den konvensjonelle teknologi og utrustning synes lønnsomhetsgrensen i forhold til anleggsstørrelsen å være i dette området.
- De få alternativer som foreligger til maskinell slamavvanning på små anlegg, er sjelden anvendbare på anlegg over denne størrelse.
- Mindre anlegg har sjelden fast bemaning på heltid og personalomkostningene på slambehandlingen slår mer direkte ut på lønnsomheten.
- En stor andel av de anlegg som skal bygges vil få en slik størrelse at installering av mekanisk slamavvanning eller ikke, vil være av avgjørende betydning for totaløkonomien. I følge de planer som ble presentert i «Landsplanen» av 1975, vil vi ved hundreårsskiftet ha 679 anlegg mindre enn 2000 pe. Dette er ca. 70% av samtlige anlegg.

## Hvordan velge slambehandlingsmetode?

Ved valg av slambehandling må mange momenter vurderes selv om spesielle rammebetingelser i enkelte tilfeller kan forenkle valget. Dette gjelder eksempelvis dersom det ikke finnes egnede områder for betryggende deponering av uavvannet slam.

Av momenter som er medvirkende i en slik beslutningsprosess nevnes:

### — Ambisjonsnivå og målsetting:

I utgangspunktet bør kloakkslam vurderes som en nyttbar ressurs forutsatt riktig og tilfredsstillende behandling. Det bør da besluttes om ressursene skal nyttiggjøres og om det skal være kommunens målsetting å legge dette til rette for alle brukere og for alt slam i kommunen.

### — Anvendelsesmulighetene:

Det må klarlegges hvilke mulige anvendelsesområder som finnes og hvilke behov som eksisterer innen de ulike områder. Aktuelle områder er: jordbruk, skogbruk, hagebruk, parker og grøntarealer, samt anvendelse i toppdekket ved avslutning av avfallsfyllinger. De ulike anvendelsesområder setter sine krav til slammets kvalitet og blir dermed bestemmende for lagringstid, behandlingsmetode m.v.

### — Deponering, lagring:

Muligheten for forurensningsmessig betryggende deponering av slamm etter ulik behandling vurderes.

### — Anleggets størrelse, tilknytning og prosess:

Dette er bestemmende for hvilke slammengder som skal håndteres og kvaliteten på dette slamm.

NB! *Aktuell tilknytning* er bestemmende for slamproduksjonen i det aktuelle tidspunkt.

### — Koordinering med spredt bosetting:

Ut fra kommunens/regionens bosettingsmønster og eventuelle behov for en felles løsning med organisert tømming av slamavskillere på spredt bygging, må velges et system som gir den beste totaløsningen.

### — Transportsystem

Her må vurderes avstander og metoder for transport av slam før og etter behandling. Skal eksempelvis evt. brukere selv besørge transport av ferdig slam?

### — Personellmessig situasjon

Det må vurderes hvilket personale man har til disposisjon for slamhåndtering på det enkelte anlegg og om felles utnyttelse av personell og utstyr på flere anlegg er mulig.

### — Kostnader

Kostnadmessige konsekvenser ved valg av de ulike alternativer må klarlegges og bør legges til grunn dersom ikke andre overordnede målsettinger tilsier noe annet. Forhold som må prioriteres er:

#### — Personellmessig sikkerhet

#### — Helse- og smittespredning

#### — Forurensningsmessige forhold.

Det er en sammenheng mellom de forannevnte momenter ved at de ulike anvendelsesmuligheter setter krav til slammets konsistens og kvalitative egenskaper. Valg av behandlingsmetode kan derfor bli

begrensende for anvendelsesmuligheten og valg av anvendelse setter krav til behandlingsmetoden. Vanligvis er friheten størst når det gjelder valg av behandlingsmetode og prosedyren i beslutningsprosessen bør da være: [1]

1. Bestemme disponeringsløsning ut fra hvilken utnyttelse av slammet som er mest aktuell i den enkelte kommune eller region.
2. Bestemme hvilken slamkvalitet den valgte disponeringsløsning krever.
3. Bestemme den slambehandlingsmetode som gir den nødvendige slamkvalitet.
4. Dimensjonere og utforme rensanlegget på en slik måte at slambehandlingsmetoden ikke skaper problemer for rensingen av avløpsvannet.

### Tekniske løsninger

Som følge av manglende teknologi og utrustning tilpasset denne anleggsstørrelsen, er bare et fåtall anlegg utstyrt med det vi i denne sammenheng kan kalle teknisk avansert utrustning.

Vanligvis håndteres avfallet fra de mindre rensanleggene som følger:

- Ristgods samles i sekk og kjøres bort som søppel.
- Hvis anlegget har sandfang går dette sandfanggodset samme vei som slammet eller det avvannes i en enkel sandavvanner og fjernes sammen med ristgodset eller det legges utenfor anlegget.
- Mange eldre anlegg har ikke slamsilo og slammet magasineres i luftetankens aktivslam. En slik løsning er prosessmessig og driftsmessig uakseptabel. Driftsstabiliteten blir dårlig og driften uøkonomisk og arbeidskrevende. Et

slamlagingsvolum med dekanteringsmulighet (fortrinnsvis luftet) bør være et minimum.

- Slammet transporteres med slamsugebil til søppelfyllplass, slamlagune eller til sentralt anlegg for avvanning. Ukontrollert tømming i havet, vassdrag, innsjøer e.l. forekommer.

De tilgjengelige behandlingsmetoder kan ha som siktemål å redusere slammets vanninnhold og volum eller å forbedre slammets og slamvannets kvalitet.

### Metoder for volumreduksjon:

*Dekantering* — Slammet fortykkes ved gravitasjon i et slamlager ved at klarvann trekkes av på overflaten gjennom faste renner eller senkbare trakter. Oppnåelig volumreduksjon 20—25% av opprinnelig slammengde.

*Polymerdosering* — Slammets fortykkingsegenskaper forbedres med tilsetning av polymer før dekantering som over. Oppnåelig volumreduksjon 40—50% av opprinnelig slammengde.

*Tørkesenger* — Avvanning skjer her vesentlig ved fordamping, men supplert med drenering. Krever relativt stabilt tørt klima og forhold som har stor betydning for avvanningshastigheten, er temperatur, relativ fuktighet, vindhastighet/ventilasjon, lagtykkelse og nedbør.

*Slamlaguner* — Avvanning skjer som ved tørkesenger, men drenering er den dominerende faktor. En slamlagune må lokaliseres slik at forurensningsrisikoen blir betryggende og slik at anlegget ikke blir til sjenanse eller ulempe.

*Mekanisk avvanning* — Her finnes mange varianter og utførelser, men bare et mindretall er egnet for små anlegg evt.

for mobil oppstilling og anvendelse på flere anlegg. Det vises bl.a. til NTN-utvalgets rapport nr. 38 — Slamavvanning ved mindre renseanlegg [2]. Av tilgjengelig utstyr omtalt i denne rapporten nevnes:

— Posefilter. Avvanning ved drenering og fortykking i en pose av filterduk utstyrt med sentrumsdrenering i tillegg til den som skjer ved periferien. Diskontinuerlig drift. Oppnåelig TS-innhold 10—15% avhengig av slamtype.

— Trommesiler u/vakuum. Avvanning ved drenering og elting inne i en siltrommel. Kontinuerlig drift. Oppnåelig TS-innhold 10—15% avhengig av slamtype.

— Avvanningscontainere. Patentert dansk system bestående av en filterduk montert inne i en Autoflak container. Mobil utrustning med matepumpe og polymerutrustning montert på tilhenger for personbil. Velegnet for septikslam og mekanisk slam. 15—20% TS, men foreløpig usikkert m.h.t. effekt ved anvendelse på biologisk og kjemisk slam. Relativt store enheter og avhengighet til Autoflaksystemet er foreløpig en ulempe sett ut fra norsk behov.

— Slamfiltersenger. «Mekaniserte» tørkesenger der slam tappes i et kar med kjemisk filterbunn. Slammet dreneres og etterpå settes vakuum under filteret. Slammet tvangsdreneres inntil gjennombrudd. Anvendt i USA og Sverige. Prøvedrift på simultanfelt Fe-klorid slam viste TS-økning 0,8%—8% på 18 timer.

— Sentrifuger, silbåndpresser. Ordinære avvanningsmaskiner med normal TS-innhold 20—25% etter avvanning. Ofte for store enheter, men små maskiner finnes og blir fra tid til annen benyttet som mobile anlegg eller montert fast på små

renseanlegg. Maskinene arbeider kontinuerlig. Enklere sentrifuger finnes (fortykkersentrifuger), men har foreløpig mindre anvendelse på norske renseanlegg.

— Kammerfilterpresse. Disse pressene gir slam med TS-innhold 30—50% for de fleste slamtyper. Dette TS-innholdet kan medføre problem med evt. etterfølgende spredning på jordarealer. Diskontinuerlig drift og manuelle arbeidsoperasjoner på små presser. Pressene er i utgangspunktet kapasitetsmessig fleksible, men har relativt liten anvendelse på små renseanlegg.

#### *Metoder for kvalitetsforbedring:*

På små anlegg ansees bare et fåtall mulige metoder å være aktuelle:

Aerob stabilisering

Kalkbehandling

Samkompostering med bark.

Ved valg av metode er det her viktig å være oppmerksom på at eksempelvis kalkbehandling av slam kan ha katastrofal virkning på renseprosessen i et kjemisk rensetrinn dersom slamvann resirkuleres til anleggets innløp.

Aerob stabilisering er den eneste metoden som også gir en vesentlig kvalitetsforbedring av slamvannet. Aerob stabilisering med luft har en hygienisering som positiv bieffekt, mens aerob stabilisering med rent oksygen og kalkstabilisering har hygienisering som ett av hovedformålene.

Tungmetallinnholdet i slam fra små renseanlegg er normalt neglisjerbart.

#### **Kostnader**

Slamhåndteringskostnadene utgjør en vesentlig del av de totale driftskostnader uansett metode. På anlegg uten slamavvanning er kostnadene for transport og

deponering dominerende. Det er da en vanlig oppfatning at avvanning av slammet er en god løsning.

Forurensningsmessig sett er dette ofte tilfelle, men økonomisk sett er det slett ikke sikkert at løsningen er gunstig. Investeringskostnadene for slikt utstyr er betydelig og på anlegg uten fast bemanning vil drift og tilsyn med avvanningsmaskinen medføre en vesentlig økning i lønnsutgiftene.

Følgende eksempler kan illustrere aktuelle problemstillinger: (Grunnlaget for beregningene finnes i NTN-rapport nr. 38. [2].

### Eksempel 1

Et mekanisk-kjemisk anlegg skal dimensjoneres for 1750 pe. Ved oppstartning vil ca. 800 pe kunne tilknyttes, men av disse er en vesentlig andel fra to turistbedrifter. Det antas at 500 pe kommer fra disse bedriftene og at dette vil øke til 1000 pe ved full belastning. Belegget på bedriftene antas 60% på årsbasis.

Transportkostnadene settes til:

70,— kr./m<sup>3</sup> — uavvannet  
65,— kr./m<sup>3</sup> — avvannet

Antar avvanning med sentrifuge/silbåndpresse.

Belastninger:	Dimensjonerende	Årsbasis
Ved oppstartning	800 pe	600 pe
Full tilknytning	1750 pe	1350 pe

Slammengder (fortyknet) — 2,5% TS

Ved oppstartning	4 m <sup>3</sup> /d	3 m <sup>3</sup> /d
Full tilknytning	8,8 m <sup>3</sup> /d	6,8 m <sup>3</sup> /d

Antar avvanning til 20% TS i gjennomsnitt. Kapasitet 2,5 m<sup>3</sup>/h på mobilt aggregat og 4 m<sup>3</sup>/h på stasjonært.

Ved deponering forutsettes lagunevolum lik 30% av årlig slammengde uavvannet og 100% av avvannet slammengde. Krav til oppholdstid i en slamlagune er 3 år med etterlagring, og samlet lagunevolum forutsettes å kunne dekke 2 års slamproduksjon.

Investeringer og årskostnader for de ulike alternativer er vist i sammendrag i tabell 1.

Oppstillingen av årskostnader uten avskrivninger har sin bakgrunn i den måten kommunene ofte vurderer slike problemstillinger på ved at de kapitaliserer reduksjon i driftskostnader fremfor å regne kapitalkostnader på investeringene. Dette kan settes opp som i tabell 2.

Beregningene viser at bygget bør tilrettelegges for maskinell avvanning, men det er ikke lønnsomt å installere utstyret til oppstartingen. Dersom man ved bruk av polymer kan oppnå en volumreduksjon på 40% (4% TS), vil ikke avvanning være lønnsomt selv med full tilknytning. Marginene er imidlertid svært små når det gjelder mobil avvanning.

Tabell 1. Kostnadsammenheng, eksempel 1.

	Ved oppstartning			Full tilknytning		
	u/avvanning	m/mobilt	m/stasjonært	u/avvanning	m/mobilt	m/stasjonært
Investeringer : Bygg	0	80.000	200.000,-	0	80.000	200.000
Maskin	0	250.000	360.000	0	250.000	360.000
Deponering	144.000	96.000	96.000	240.000	138.000	138.000
Sum investeringer	144.000	426.000	656.000	240.000	468.000	698.000
Arskostnader :						
Avskrivninger : Bygg	0	10.712	26.780	0	10.712	26.780
Maskin	0	44.250	63.720	0	44.250	63.720
Deponering	19.280	12.850	12.850	32.136	18.478	18.478
Øvrige faste årskostnader :						
Bygg	0	2.525	9.510	0	2.525	9.510
Maskin	0	2.500	3.600	0	2.500	3.600
Depon.anlegg	14.400	9.600	9.600	24.000	13.800	13.800
Transp. og rigg	0	4.000	0	0	4.000	0
Variable årskostnader :						
- Slamtransport	76.650	8.900	8.900	173.740	20.150	20.150
- Avvanningskostnad	0	35.998	33.620	0	49.718	44.366
Arskostnader	Kr. 110.330	131.335	168.580	229.876	166.133	200.404
Arskostnader v/40 % volum- reduksjon - 4% TS avvannet	Kr. 79.670	128.957	167.093	160.380	160.781	197.060
Ekskl. avskrivninger, 2,5 % TS	Kr. 91.050	63.523	65.230	197.740	92.693	91.426

Tabell 2. Kapitalisert driftskostnad — Investeringsbehov.

	Redusert driftskostn.	Kapitalisert reduksjon	Øket investeringsbeh.	Konklusjon
<i>Ved oppstarting:</i>				
Uavvannet	0	0	0	
m/mobil avv.	27.527	230.000	282.000	Ulønnsomt
m/stasjonær avv.	25.820	215.000	512.000	Ulønnsomt
<i>Full tilknytning:</i>				
Uavvannet	0	0	0	
m/mobil avv.	105.047	875.000	228.000	Lønnsomt
m/stasjonær avv.	106.314	886.000	458.000	Lønnsomt

*Eksempel 2.*

En kommune har 3 biologiske anlegg vurderes anskaffelse av mobil utrustning med tilknytning 300 pe på hvert. Det for avvanning av slam på alle anleggene.

— Slammengde pr. anlegg	Uavvannet —	250 m <sup>3</sup> /år
	Avvannet (20% — TS)	50 m <sup>3</sup> /år
— Lagunevolum	Uavvannet —	450 m <sup>3</sup>
	Avvannet —	100 m <sup>3</sup>

Det er sett på to alternativer hva gjelder transportkostnader for uavvannet slam, men tabell 3 viser at avvanning ikke er lønnsomt ved noen av alternativene.

Tabell 3. Kostnadssammendrag.

	Transport alt. I		Transport alt. II	
	Uavvannet	Avvannet	Uavvannet	Avvannet
Transportkostnader Kkr./m <sup>3</sup>	50,—	70,—	90,—	70,—
<i>Investeringer:</i>				
— Bygg	0	240.000	0	240.000
— Maskin	0	250.000	0	250.000
— Deponering	114.000	72.000	114.000	72.000

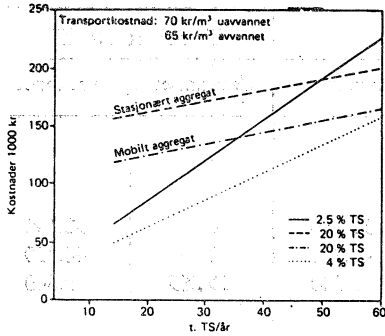
	Transport alt. I		Transport alt. II	
	Uavvannet	Avvannet	Uavvannet	Avvannet
<i>Årskostnader:</i>				
Avskrivninger:				
— Bygg	0	32.136	0	32.136
— Maskin	0	44.250	0	44.250
— Deponering	15.265	9.640	15.265	9.640
Øvrige faste års- kostnader:				
— Bygg	0	7.575	0	7.575
— Maskin	0	2.500	0	2.500
— Deponering	11.400	7.200	11.400	7.200
— Transp. og rigg	0	12.000	0	12.000
Variable årskostnader:				
— Slamtransport	37.500	10.500	67.500	10.500
— Avvanningskostn.	0	35.559	0	35.559
	64.165	161.360	94.165	161.360

Disse eksemplene og det kostnadsmessige grunnlaget for dem er benyttet for å illustrere forholdene hva gjelder totale kostnader for slamhåndtering med og uten avvanning på anlegg av vilkårlig størrelse opp til ca. 2000 pe. De presiseres imidlertid at man i et konkret tilfelle bør gjennomføre beregningene med de aktuelle inngangsdata. Figurene indikerer imidlertid at det ut fra en kostnadsmessig vurdering i mange tilfeller bør kjøres uavvannet slam, fremfor å investere i avvanningsutstyr og at enklere tiltak for volumreduksjon, kan gi vel så stor kostnytte effekt.

Trekkes sammenligningene mot stasjonær avvanningsutrustning, blir resultatene eksempelvis som følger:

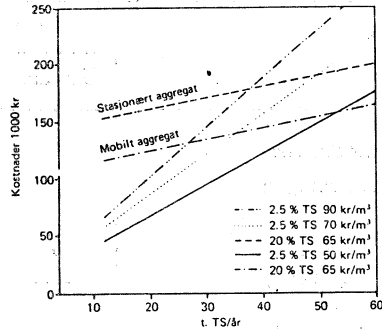
- 2,5% TS i uavvannet slam. — Avvanning lønnsomt ved slamproduksjon over ca. 50 tonn TS pr. år. Ved 4% TS blir lønnsomhetsgrensen hevet til ca. 90 tonn/år. For etterfyllingsanlegg — aktivslam er dette anlegg med tilknytning på henholdsvis ca. 1450 pe og 2500 pe. (Figur 1 og 3).





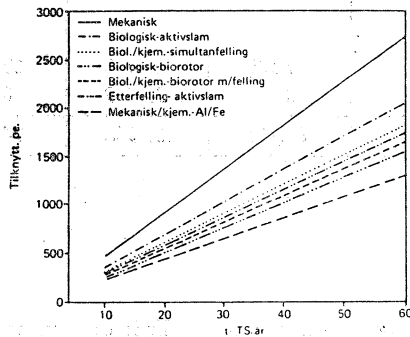
Figur 1.

*Totale årskostnader (variabel TS- prosent;*



Figur 2.

*Totale årskostnader (variable transportkostnader).*



Figur 3.

*Slamproduksjon som funksjon av antall pe tilknyttet og renseprosess.*

#### REFERANSER

1. Retningslinjer for lagring og disponering av kloakkslam. Statens forurensningstilsyn, 1982. TA-573.
2. Ofte, J. — 1982. Slamavvanning ved mindre rensanlegg. NTNF's utvalg for drift av rensanlegg. Prosjektrapport nr. 38.