

Veiledning for
kjøp og prosjektering av

prefabrikerte
kloakkrenseanlegg

siv.ing. Hallvard Ødegaard

1.januar 1973

Forord til 2. opplag

Første opplag av denne rapport ble trykt og sendt ut i løpet av våren 1973.

Den dekket åpenbart et stort behov, og opplaget tok derfor slutt i løpet av meget kort tid.

Enkelte oppgaver om renseanlegg i rapportens Bilag I er nå noe foreldet. Det har videre vist seg sterkt ønskelig å revidere enkelte avsnitt i teksten. På den annen side peker de mange forespørsler etter rapporten på at det er et akutt behov. Da en ajourføring ville ta betraktelig tid, har vi foreløpig trykt opp et nytt opplag som er autentisk med første opplag.

Oslo, oktober 1973

INNHOLD

1. Innledning	5
2. Bestemmelse av dimensjonerende vannføring	6
3. Biologisk rensing av avløpsvann ved aktivslammetoden	10
3.1 <i>Generelt om renseprosessen</i>	10
3.2 <i>Belastningsforhold</i>	12
3.3 <i>Rensegrad og slamproduksjon ved aktivslamanlegg uten forsedimentering</i>	14
4. Beregning av prosessparametre	17
4.1 <i>Beregningsgrunnlag. Slamkonsentrasjoner</i>	17
4.2 <i>Vanlig oppbygde aktivslamanlegg</i>	19
4.3 <i>Biosorpsjonsanlegg</i>	20
4.4 <i>Eksempel på prosessmessige beregninger</i>	21
5. Fremgangsmåte ved kjøp av prefabrikerte anlegg	23
5.1 <i>Opplysninger som må gis til leverandøren(e) ved innhenting av tilbud</i>	23
6. Vurdering av innhentet tilbudsmateriale	25
6.1 <i>Vurdering av prosessmessig utforming</i>	25
6.2 <i>Vurdering av maskinteknisk utrustning</i>	26
6.2.1 FORBEHANDLING	26
6.2.2 LUFTESYSTEMET	27
6.2.3 SLAMRETUREN	27
6.2.4 KORROSJONSBEKYTTELSE	28
6.2.5 INSTALLASJON FOR VANNFØRINGSMÅLING	28
6.3 <i>Vurdering av bygningsteknisk utforming</i>	29
6.3.1 STYRKE MOT PÅKJENNINGER	29
6.3.2 OVERBYGG	29
6.3.3 ANLEGGETS BELIGGENHET OG OMGIVELSER	29
6.4 <i>Vurdering av pris</i>	29
7. Kjemisk felling i forbindelse med prefabrikerte biologiske rensesanlegg	30
7.1 <i>Fellingskjemikalium og doseringsmetode</i>	30
7.2 <i>Rensegrad og slamproduksjon ved simultanfelling</i>	31
8. Drift av små kloakkrensanlegg	32
Litteraturliste	33
Bilag I – Undersøkelse av innhentede tilbud på prefabrikerte kloakkrensanlegg	34
– Kort beskrivelse av enkelte anleggstyper	35
– Sammenstilling av beregningsresultater	36
– Vurderinger	43
Bilag II – Oversikt over leverandører til de anlegg som er med i oversikten	45

1. Innledning

Vår nye Lov om vern mot vannforurensning vil medføre bygging av mange kloakkrenseanlegg i de nærmest kommende år. Flertallet av disse anleggene kommer til å bli små, dvs. med 50–2.000 personer tilknyttet.

Renseanlegg i dette størrelsesområdet bygges ofte hensiktsmessig som såkalte prefabrikerte anlegg. Det er flere leverandører som tilbyr slike anlegg på det norske markedet. De spørsmål kjøperne (f.eks. kommuneingeniørene) blir stilt overfor, er ofte:

- Hvilken type anlegg skal man kjøpe?
- Hvor stort anlegg skal man kjøpe?
- Hvordan skal man vurdere de anlegg som blir tilbudt?

Denne rapport er skrevet for å gi veiledning om hvordan man skal gå frem ved anskaffelse av slike renseanlegg. Vi tror at denne veiledning vil være til nytte, både for byggherrer, leverandører og konsulenter, og at det er verdifullt å ha et enhetlig, prosessmessig vurderingsgrunnlag.

I bilag I fremstilles resultatene av en undersøkelse av innhentede tilbud på prefabrikerte renseanlegg i fire størrelser.

2. Bestemmelse av dimensjonerende vannføring

Å fastsette den vannføringen som anlegget skal dimensjoneres for, er kanskje den vanskeligste, men også den viktigste, delen av arbeidet ved prosjektering av rensesanlegg.

Tilført vannmengde kan være sammensatt av:

- Spillvann (husholdningskloakken).
- Infiltrasjonsvann.
- Overvann.
- Industriavløpsvann.

De mest anvendte ledningssystem er:

- Fellessystemet – alle de nevnte vanntyper ledes i en og samme ledning.
- Separatsystemet – overvannet ledes i en separat ledning, vanligvis til nærmeste vannforekomst.

Uavhengig av hvilket ledningssystem man har, fastsettes vannmengden sikrest og best ved vannføringsmålinger. Derfor bør ikke noe rensesanlegg anlegges før man har gjort følgende målinger av vannføringen:

1. Måling av midlere døgntilrenning ved tørrvær.
2. Måling av infiltrasjonsvannmengde ved tørrvær.
3. Måling av variasjonen i døgntilrenning ved tørrvær.

Tilsvarende målinger bør også gjøres ved regnværsavrenning. Av målingene nevnt i pkt. 1 og 2, vil man kunne finne midlere spillvannstilrenning. Måling av infiltrasjonsvannmengden kan gjøres i en periode da man ikke tilfører spillvann eller industriavløpsvann, eller det kan gjøres ved målinger midt på natten dersom spillvanns- og industriavløpsvannmengden da kan settes tilnærmet lik null. Målingene bør ikke gjøres i en periode med sterk tørke eller kulde, idet infiltrasjonen i slike perioder er unormalt lav.

Måling av industriavløpsvannmengden gjøres ved den enkelte bedrift i den grad dette er hensiktsmessig og nødvendig, avhengig av bedriftens art og størrelse.

Dersom industriavløpsvann tilføres det kommunale ledningsnett, må man alltid vurdere i hvilken utstrekning forbehandling av industriavløpsvannet er nødvendig for å unngå problemer i ledningsnett og rensesanlegg.

Ved fastsettelse av dimensjonerende vannføring ut fra vannføringsmålingene, må man ta hensyn til eventuell øket tilknytning til anlegget i fremtiden.

Det finnes tilfeller da det praktisk talt er umulig å gjennomføre vannføringsmålinger. Man kan da bli nødt til å gjøre antagelser og foreta beregninger av dimensjonerende vannføring.

Spillvannsmengden er ofte relativ enkel å forutsi da den er noenlunde proporsjonal med antall personer tilknyttet rensenanlegget.

Infiltrasjonsvannmengden er betydelig vanskeligere å forutsi. Den er bl.a. avhengig av følgende faktorer:

- a) Ledningens alder.
- b) Ledningsmaterialet.
- c) Kvaliteten på leggingsarbeidet.
- d) Ledningens lengde.
- e) Ledningens dybde (dvs. avstand til grunnvannsnivå).
- f) Ledningens dimensjon.

For prosjekteringsformål er følgende veiledende tall angitt i litteraturen. (1)

Ledningsdimensjon (mm)	Infiltrasjonsvannmengde (l/sek.km ledning)
150	0,11
200	0,14
250	0,17
300	0,20

Som man ser, inngår verken faktorene nevnt i pkt. a), b), c) eller e) i denne tabellen, og det er åpenbart at infiltrasjonsvannmengden kan variere sterkt. Spesielt ved gammelt ledningsnett med utette skjøter kan infiltrasjonsvannmengden langt overstige de tall som er angitt.

For å kunne beregne *overvannsmengden*, er man bl.a. avhengig av å kjenne regnintensitetskurver på stedet, og siden slike kurver er mangelvare i de fleste norske distrikter, kan forutsigelser om overvannsmengden ofte ikke bli annet enn mer eller mindre kvalifiserte gjetninger. Dette er imidlertid av mindre interesse, idet rensenanlegget vanligvis ikke dimensjoneres for overvanntilrenningen.

Dersom det er industri av noe omfang tilknyttet avløpsnettet, må *industriavløpsvannmengden* bestemmes ved målinger eller beregninger ved den enkelte bedrift.

Er det slik at man ikke kan få gjort vannføringsmålinger (f.eks. når et boligområde ennå ikke er fullt utbygd) og man heller ikke på annen måte kan få beregnet vannføringen, kan følgende antatte grunnlag til nød brukes:

Spillvannstilrenning: 100–200 l/p · d, middel = 150 l/p · d.

Infiltrasjonstilrenning:

”Nytt” ledningsnett

(lagt etter 1965) 50–150 l/p · d, middel = 100 l/p · d.

”Gammelt” ledningsnett

(lagt før 1965) 150–550 l/p · d, middel = 350 l/p · d.

(l/p · d = liter pr. person pr. døgn)

Det vide variasjonsområdet er ment å indikere den usikkerhet som slike antagelsestall er forbundet med, og den som bruker slike tall må være klar over deres begrensning. Har man ingen spesiell grunn for det, bør ikke de antatte tall under noen omstendigheter velges lavere enn de angitte middelveier.

Dimensjonerende vannføring bør være middeltilrenningen over dagtid. Dersom man ikke har målinger som gir dagtidtilrenningen, bør dimensjonerende vannføring bestemmes som følger (2):

Dimensjonerende vannføring:

$$Q_{\text{dim}} = \frac{Q_s}{T_s} + \frac{Q_d}{24} + \frac{Q_i}{T_i}$$

Q_s – midlere spillvannsmengde (m^3/d)

Q_d – midlere infiltrasjonsvannmengde (m^3/d)

Q_i – midlere industriavløpsvannmengde (m^3/d)

T_s – antall timer Q_s fordeles over. Kan settes lik 14 timer for anlegg hvor mindre enn 2.000 personer er tilknyttet dersom det ikke er spesielle grunner for å velge en annen verdi. Dette er avhengig av ledningsnettets lengde og utjevningsskapasitet. Er ledningsnettets svært kort med liten utjevningsskapasitet, er det grunnlag for å velge T_s mindre enn 14 timer.

T_i – antall timer Q_i fordeles over. Settes lik 10 timer der ikke noe annet viser seg å være riktigere.

Dersom avløpsvannet pumpes inn på anlegget ved hjelp av pumpe(r) som er plassert umiddelbart foran anlegget, settes dimensjonerende vannføring lik pumpekapasiteten. Det er derfor vesentlig at pumpeens kapasitet er godt avpasset til tilrenningen av avløpsvann.

Det skal alltid være stillbart overløp foran renseanlegget. Dette er spesielt viktig når man har fellessystemet da overvannsmengden kan oppgå til det mangedobbelte av dimensjonerende vannmengde ved regnskyll. Også når man har separatsystemet, bør man ha overløp foran anlegget fordi infiltrasjonsvannmengden også blir påvirket av regnskyll.

Som man vil se senere, anbefales renseanlegget bygget slik at det skal

kunne ta i mot $2 Q_{dim}$ uten at rensegraden forverres i vesentlig grad. Overløpet bør derfor stilles inn slik at vannmengder over $2 Q_{dim}$ går i overløpet før renseanlegget. Dette er selvfølgelig ikke absolutt. Overløpet skal være stillbart for at man skal kunne avpasse den maksimale vannføringen som kan tilføres renseanlegget uten at renseeffekten blir vesentlig dårligere. Dette får man først oversikt over etter at anlegget har virket en tid.

Ved svært små renseanlegg (<100 p) hvor man har korte tilførselsledninger, kan spillvannsmengden også variere betydelig over korte intervaller. Dersom spillvannsmengden varierer så mye at den kan oppgå til $2 Q_{dim}$ alene i kortere perioder, bør T_s i formelen for Q_{dim} settes lavere enn 14, og så lavt at Q_s/T_s ikke på noe tidspunkt kan bli større enn $2 Q_{dim}$.

3. Biologisk rensing av avløpsvann ved aktivslammetoden

Avløpsvannet er komplekst sammensatt og de forskjellige stoffer kan gi opphav til ulike forurensningsvirkninger i resipienten.

Organisk stoff som slippes ut i en vannforekomst vil bli nedbrutt (metabolisert) av mikroorganismer i vannet under forbruk av oksygen. Dette kan føre til oksygenvikt som kan være skadelig både for fisk og andre akvatiske organismer.

Næringsstoffer, hovedsakelig fosfor og nitrogen, kan stimulere vekst av alger og høyere vegetasjon, som i sin tur kan føre til sekundær forurensning med organisk stoff.

Ved biologisk rensing er det innholdet av organiske stoffer i avløpsvannet man vil redusere, og ved kjemisk rensing er det primært næringsstoffet fosfor som skal fjernes.

De aller fleste prefabrikerte renseanlegg er bygget som biologiske anlegg etter aktivslammetoden. Ved tilsetning av kjemikalier, kan de også virke som kjemiske renseanlegg. Dette er omtalt i kapittel 7.

I det følgende skal det gis en kort innføring i den biologiske renseprosessen virkemåte.

3.1 Generelt om renseprosessen

I avløpsvann er det mikroorganismer (hovedsaklig bakterier) naturlig tilstede. Ved biologisk rensing skaffer man bakteriene slike betingelser at de kan utnytte forurensningene i avløpsvannet som næring. Dersom man lufter avløpsvann i et glass, vil bakteriene formere seg slik det fremgår av fig. 1. Bakteriene vil, under forbruk av oksygen, bryte ned det organiske stoffet til kuldioksyd, vann og enkle forbindelser som de nyttiggjør seg i sitt stoffskifte til å bygge opp nye celler.

Så lenge det er tilstede en høy konsentrasjon av næringsstoffer, vil organismeantallet vokse eksponentielt med tiden. Når konsentrasjonen av næringsstoffer synker, vil imidlertid tilveksthastigheten minke, og når næringsstoffkonsentrasjonen blir svært lav, får man et synkende antall organismer ved at de som dør ut brytes ned av de gjenlevende. Dette er anskueliggjort i fig. 1.

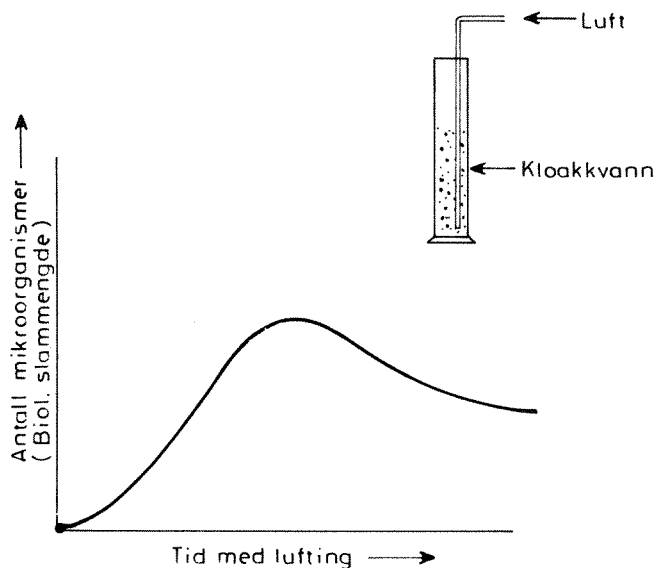


Fig. 1. Generell vekstkurve.

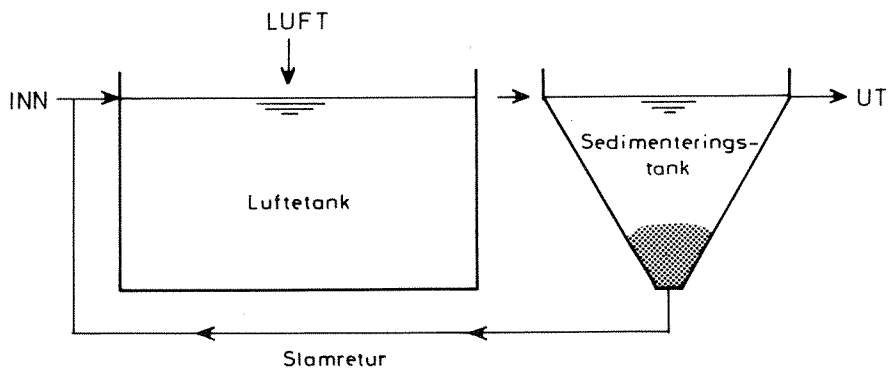


Fig. 2. Prinsippet for aktivslammetoden.

Ved en kontinuerlig prosess (se fig. 2), blir avløpsvannet ført inn i en tank hvor også luft blåses inn. I denne tanken vil mikroorganismer vokse opp. Suspensjonen av mikroorganismene kaller vi aktivslam, og det er brunt eller gråbrunt av farge.

Luften, som tilføres i luftebassenget, tjener to hensikter. For det første skal mikroorganismene tilføres nok oksygen for sin stoffomsetning, og for det annet er det om å gjøre å skape omrøring i vannmassen slik at slammet med bakteriene ikke synker til bunns.

Det biologiske slammet ledes fra luftetanken inn i en ny tank – sedimenteringstanken. Her tilstrebes slike rolige strømningsforhold at slam-

met som er tyngre enn vann, vil synke til bunns i tanken, mens vannet som nå er rensset, kan trekkes av med et overløp ved overflaten.

Nå ville snart luftetanken gå tom for mikroorganismer dersom man ikke førte disse i retur fra sedimenteringstanken. Denne tilbakeføringen må skje kontinuerlig ellers vil slammet blir liggende i bunnen av sedimenteringstanken og begynne å råtne.

Den biologiske renseprosessen det her er gjort rede for, blir kalt aktivslamprosessen, og de fleste prefabrikerte anlegg er bygget opp etter denne.

3.2 Belastningsforhold

Forholdet mellom tilført mengde kloakk (dvs. tilført mengde næring) pr. døgn og antall bakterier som er tilstede for å bryte ned denne næringen er et uttrykk for belastningen på et aktivslamanlegg. Dette forholdet kalles slambelastning. Den tilførte næring uttrykkes som mengde tilført organisk stoff pr. døgn, målt som $\text{kgBOF}_7/\text{døgn}$. (BOF_7 = biokjemisk oksygenforbruk i 7 dager).

Antall mikroorganismer uttrykkes som mengde slam i luftetanken, målt som kg suspendert stoff (kgSS).

Dermed blir:

$$\text{Slambelastningen: } F = \frac{\text{kgBOF}_7 \text{ tilført/døgn}}{\text{kgSS}}$$

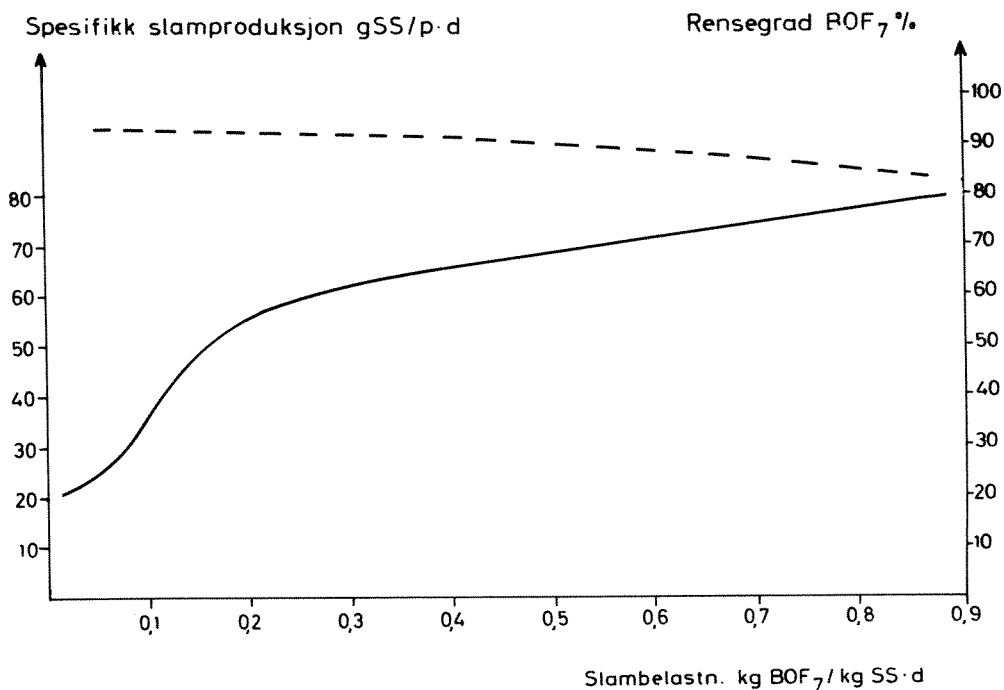
Prefabrikerte kloakkrensaneanlegg blir vanligvis bygget uten forsedimentering, og fig. 3 viser mulig rensegrad (m.h.t. BOF_7) og spesifikk slamproduksjon (g suspendert stoff/person · døgn, $\text{gSS}/\text{p} \cdot \text{d}$) som funksjon av slambelastningen ved slike anlegg.

Slambelastningen ved et normalt belastet anlegg er vanligvis 0,2–0,5 $\text{kgBOF}_7/\text{kgSS} \cdot \text{d}$. Dette gir en relativ høy slamproduksjon, og man må derfor tappe overskuddsslam ofte (se fig. 3). Fig. 3 viser at slamproduksjonskurven synker bratt når slambelastningen blir mindre enn 0,2 $\text{kgBOF}_7/\text{kgSS} \cdot \text{d}$.

De lavtbelastede anleggene gir derfor lav overskuddsslamproduksjon, samtidig som de kan gi god renseseffekt. Små biologiske rensaneanlegg dimensjoneres derfor gjerne slik at de kan drives ved lave slambelastninger.

Siden kloakken som tilføres anlegget er gitt, kan man ikke påvirke tilført mengde organisk stoff. For å oppnå lav slambelastning, må man derfor tilstrebe et høyt antall mikroorganismer (dvs. stor slammengde) i luftetanken. Dette kan prinsipielt oppnås på to måter:

- Ved å holde høyt antall mikroorganismer pr. volumenhet (høy slamkonsentrasjon).
- Ved å gjøre volumet stort.



——— Spesifikk slamproduksjon } som funksjon av slambelastning
 og
 - - - - - Rensegrad

Forutsetninger :

Tilført mengde organisk stoff	: 70 g BOF ₇ /p·d
Nedbrutt ——— " ———	: 63 g BOF ₇ / p·d
Tillöp, ikke nedbrytbart suspendert stoff	: 25 g SS/p·d
Avlöp, suspendert stoff (20 mg/l ved 250 l/p·d)	: 5 g SS/p·d

Fig. 3. Spesifikk slamproduksjon og rensegrad som funksjon av slambelastning.

Slamkonsentrasjonen i aktivslamanlegg ligger normalt mellom 2 og 6 gSS/l. Det som begrenser slamkonsentrasjonen oppad er vanligvis slammets evne til å separere fra vannet i sedimenteringstanken.

Ved *dimensjonering* av aktivslamanlegg bør man ikke anta høyere slamkonsentrasjon enn 3 – 4 gSS/l, fordi det i praksis ofte viser seg vanskelig å oppnå høyere konsentrasjon. Følgelig blir volumet på luftebasenget i stor grad avgjørende for slambelastningen. (Stort luftevolum gir lav slambelastning).

Anlegg som ofte kalles langtidsluftere eller totaloksydasjonsanlegg er konstruert for lav slambelastning. Den prinsipielle oppbyggingen av disse anleggene er vist i fig. 4. Virkemåten er som beskrevet foran.

I figur 4 er også vist flyteskjema av biosorpsjonsprosessen (også kalt kontaktstabiliseringsprosessen), en modifikasjon av aktivslamprosessen. Hovedprinsippet ved biosorpsjonsprosessen er at man har en egen tank hvor returslammet luftes separat.

Avløpsvannet blir først ledet inn i en luftetank som kalles kontakttanken. Oppholdstiden er her kort, 1 – 3 timer (m.h.t. Q_{dim}), og hensikten er at det organiske stoffer i avløpsvannet skal adsorberes til slamm, mens det samtidig skjer en viss nedbryting.

Blandingen av avløpsvann og slam føres fra kontakttanken til en sedimenteringstank hvor slamm på vanlig måte fraskilles. Herfra forlater det rensede vannet anlegget, mens slamm pumpes til en ny tank, aktiveringstanken, hvor returslammet luftes separat. I aktiveringstanken er oppholdstiden 3 – 6 timer, og her foregår en videre nedbrytning av det organiske stoffet før slamm føres tilbake til kontakttanken.

Fordelen med denne prosessutforming er at man kan redusere det totale luftetankvolum (for å oppnå en gitt slambelastning), idet returslammet har en høyere slamkonsentrasjon enn slamm i luftetanken.

Det er vanlig at biosorpsjonsanleggene drives med noe høyere slambelastning enn langtidslufterne, og de har derfor også gjerne i tillegg en tank for lufting av overskuddsslam (aerob slamstabilisering) for at slamm skal være tilstrekkelig stabilisert før det blir borttransportert. Dette fremgår av fig. 4.

I det følgende vil et anlegg som *ikke* er biosorpsjonsanlegg bli referert til som et vanlig oppbygd anlegg.

3.3 Rensegrad og slamproduksjon ved aktivslamanlegg uten forsedimentering

Vanligvis vil man tilstrebe følgende forhold ved renselanlegg:

- Høy renseseffekt.
- Lav slamproduksjon.
- Stabilt overskuddsslam.

Det fremgår av fig. 3 at renseseffekten varierer relativt lite med slambelastningen når denne ligger i området $F = 0,05 - 0,5 \text{ kgBOF}_7/\text{kgSS} \cdot \text{d}$.

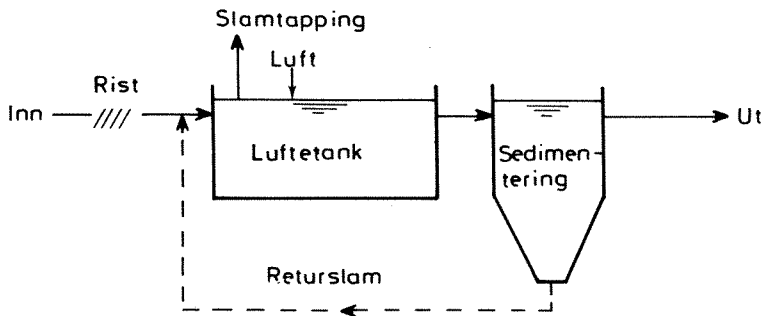
De aller fleste prefabrikerte anlegg er konstruert for en belastning innen dette området, og man skulle derfor kunne vente god renseseffekt ($>90\%$ BOF_7 -red) ved slike anlegg. Imidlertid er det vanligvis driftsforhold som i større grad enn slambelastningen er avgjørende for rensesegraden.

Det går frem av fig. 3 at spesifikk slamproduksjon varierer betydelig med slambelastningen i det belastningsområdet vi her taler om.

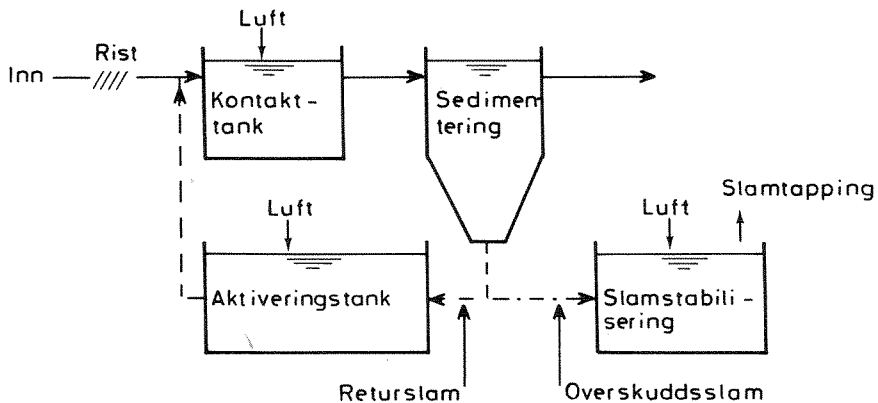
Ved anlegg hvor man utelater forbehandlingsenheter som sandfang og forsedimentering, vil slamakkumuleringen være forårsaket og sammensatt av:

- Tilført, ikke nedbrytbart, men avsettbart, partikulært materiale.
Mengden av dette er vanligvis 20 – 30 gSS/p.d.
- Produksjon av biologisk slam.

Denne produksjonen er særlig avhengig av slambelastningen, men også av



Langtidslufter uten egen enhet for stabilisering av overskuddsslam



Biosorpsjonsanlegg med egen enhet for stabilisering av overskuddsslam

Fig. 4. Prinsipiell oppbygging av langtidslufter og biosorpsjonsanlegg.

andre faktorer, spesielt temperaturen og innholdet av organisk stoff i det innkommende vann.

Slamakkumuleringen er videre i høy grad avhengig av sedimenteringsenhetens evne til å fraskille det biologiske slammet. Noe finfordelt suspendert stoff vil alltid følge med det rensede vannet ut, og dette blir et negativt bidrag til den totale slamakkumulering.

Det som er interessant i forbindelse med de prefabrikerte anleggene er ikke bare den spesifikke slamproduksjon, men også i høy grad hvor ofte man må tappe slam ut av anlegget for borttransport (tappeintervall). Dette er ikke bare avhengig av den spesifikke slamproduksjon, men også av hvor stort volum man har til rådighet (luftevolumet hvor slammet akkumuleres), hvor høyt konsentrasjonen kan økes uten at det går ut over renseseffekten, og om man har separate tanker som overskuddsslam kan overføres til.

Ved lavt belastede, vanlig oppbygde anlegg har man vanligvis bare én luftetank hvor slammengden akkumuleres og hvorfra slamtappingen foregår (se langtidslufter, fig. 4).

Ved biosorpsjonsanleggene kan slamakkumuleringen skje både i kontakt-tanken og aktiveringstanken, men det er vanlig at man tilstreber å holde noenlunde konstant slammengde i disse tankene. Dette gjøres ved å tappe slam relativt ofte over i en separat slamstabiliseringstank hvor man også søker å konsentrere slammet og hvorfra den endelige slamtapping skjer (se fig. 4).

Ved høyere belastede, vanlig oppbygde anlegg som gir høy slamproduksjon, er det også vanlig at man har en egen tank for lufting av det overskuddsslam som tas ut av prosessen. Teoretiske beregninger av hvor ofte slam må tappes, er vist i kapittel 4.

3.4 Slammets stabilitet

Kloakkslam inneholder lett nedbrytbart organisk stoff som ved deponering av slammet kan komme i forråtnelse og gi opphav til dårlig lukt. Dette kan forhindres ved å stabilisere slammet, f.eks. ved lufting. I lavt belastede anlegg er vanligvis luftetiden så lang at slammet ikke behøver å stabiliseres videre (luftes videre) før det deponeres. Ved høyere belastede anlegg bør man imidlertid ha en egen luftetank for stabilisering av overskuddsslam.

Det er svært vanskelig å finne noe eksakt uttrykk for et slams stabiliseringsgrad. Jo lengre tid slammet blir luftet, desto mer stabilt vil det være, og et brukbart relativt uttrykk for slammets stabilitet får vi om vi beregner slamalderen. Med slamalder mener vi den totale tid slammet er blitt luftet, enten nå luftingen har foregått i selve rensesprosessen eller i separat slamstabiliseringstank. Beregning av slamalder er vist i kapittel 4.

4. Beregning av prosessparametre

Vurdering av den prosessmessige utformingen av prefabrikerte aktivslamanlegg foreslås gjort på grunnlag av følgende prosessparametre:

- Oppholdstid luftetank(er).
- Slambelastning.
- Oppholdstid sedimenteringstank.
- Overflatebelastning sedimenteringstank.
- Spesifikk slamproduksjon.
- Tappeintervall, beregnet tilnærmet verdi for antall døgn mellom hver gang man må tappe slam ut av anlegget.
- Slamalder, relativt uttrykk for det endelige slammets stabiliseringsgrad.

4.1 Beregningsgrunnlag. Slamkonsentrasjoner.

Som grunnlag for beregningene foreslås følgende verdier benyttet:

Tilførsel av organisk stoff	=	70 gBOF ₇ /p·d.
Nedbrutt mengde organisk stoff	=	63 gBOF ₇ /p·d (90% red).
Tilført mengde ikke nedbrytbart, men avsettbart partikulært stoff	=	25 gSS/p·d.
Mengde suspendert stoff i avløpet (20 mgSS/l ved 250 l/p·d)	=	5 gSS/p·d.

Dimensjonerende slamkonsentrasjoner:

Vanlig oppbygde anlegg:		
Luftetanken	=	3,5 gSS/l
Biosorpsjonsanlegg:		
Kontaktanken	=	3,5 gSS/l
Aktiveringstanken	=	6,0 gSS/l

Ved vanlig oppbygde anlegg som ikke har slamstabiliseringstank, settes variasjonsområdet for slamkonsentrasjonen i luftetanken lik 2 – 6 gSS/l. Det vil si at man forutsetter at slam tappes når slamkonsentrasjonen blir 6 gSS/l

og at så mye tappes at konsentrasjonen etter tapping blir 2 gSS/l. Slamtapplingsmengden blir da 4 gSS/l luftevolum.

Slambelastningen, og dermed spesifikk slamproduksjon (fig. 3), er beregnet ut fra dimensjonerende slamkonsentrasjon. Egentlig varierer slamkonsentrasjonen i tiden mellom to tappinger mellom 2 og 6 gSS/l, slik at man i første del av perioden vil ha en høyere spesifikk slamproduksjon, og i siste del en lavere. Bruk av dimensjonerende slamkonsentrasjon vil imidlertid gi et tilnærmet riktig bilde for den midlere slamproduksjon i tiden mellom to tappinger.

Ved anlegg som har slamstabiliseringstank, forutsettes at slamkonsentrasjon i luftetanken er konstant og at akkumuleringen av overskuddsslam i sin helhet foregår i slamstabiliseringstanken.

Har man en slamstabiliseringstank, foregår slamtappingen vanligvis slik at man starter med tom tank. Så fyller man tanken med slam som tappes fra renseanlegget. Før neste slamtapping konsentrerer man det slam man har i stabiliseringstanken ved å la det sedimentere i tanken og pumpe vekk det fraskilte vannet. Så fylles slamstabiliseringstanken med nytt slam som tappes fra renseanlegget, og slik skjer oppkonsentreringen inntil man har en så høy slamkonsentrasjon at slammet ikke lenger lar seg fraskille vannet ved sedimentering. Man kan på den måten nå opp til en konsentrasjon på 25 – 30 gSS/l.

I perioden mellom to tappinger for borttransport fra slamstabiliseringstanken, vil konsentrasjonen variere mellom ca. 6 og 30 gSS/l, og etter hvert som man nærmer seg slutten av en slik periode, vil den mengde slam det er mulig å tappe fra renseanlegget til slamstabiliseringstanken, bli mindre og mindre.

For beregning av tappeintervall og slamalder ved anlegg med slamstabiliseringstank, foreslås at man setter:

Dimensjonerende slamkonsentrasjon i slamstabiliseringstanken = 15 gSS/l.

Enkelte anlegg har delt slamstabiliseringsfunksjonen opp i to kammer som da kalles henholdsvis slamstabiliseringsbasseng og luftet slamsilo. Dette kan være en fordel i og med at man kan foreta den vesentligste del av oppkonsentreringen i det første kammeret og således opprettholde en høyere midlere slamkonsentrasjon i det andre. Det endelige resultat er imidlertid i høy grad avhengig av driftsrutinen ved hvert enkelt anlegg, og siden det er svært mange usikre faktorer med hensyn til hvordan et slikt system skal teoretisk beregnes, har man her ved beregning av tappeintervall og slamalder slått sammen volumene for de to kammere og utført beregningene på samme måte som angitt ovenfor.

Ved vurdering av tilbud bør man imidlertid være klar over at et slikt system kan medføre fordeler.

Beregningene av prosessparametrene er vist i pkt. 4.2 og 4.3.

Benevnelser:

V_L	– volum luftetank	– m^3
V_S	– volum sedimenteringstank	– m^3
V_{LK}	– volum kontaktstank	– m^3
V_{LA}	– volum aktiveringstank	– m^3
A_S	– areal sedimenteringstank	– m^3
Q_{dim}	– dimensjonerende vannføring	– m^3/h
p	– antall personer	
V_{SST}	– volum slamstabiliseringstank	– m^3
Sp	– spesifikk slamproduksjon	– $gSS/p \cdot d$

4.2 Vanlig oppbygde aktivslamanlegg

Oppholdstid luftetank	$= T_L = \frac{V_L}{Q_{dim}}$	$\frac{m^3}{m^3/h} = h$
Oppholdstid sedimenteringstank	$= T_S = \frac{V_S}{Q_{dim}}$	$\frac{m^3}{m^3/h} = h$
Slambelastning	$= F = \frac{70 \cdot p}{1000 \cdot 3,5 \cdot V_L} = 0,02 \frac{p}{V_L}$	$kgBOF_7/kgSS \cdot d$
Overflatebelastning sedimentering	$= v_s = \frac{Q_{dim}}{A_S}$	$\frac{m^3/h}{m^2} = \frac{m}{h}$
Spesifikk slamproduksjon	$= Sp =$ tas ut av fig. 3	$gSS/p \cdot d$

Tappeintervall:

Anlegg uten slamstabiliseringstank	$D_t = \frac{4 \cdot V_L \cdot 1000}{Sp \cdot p}$	$\frac{kgSS}{kgSS/d} = d$
Anlegg med slamstabiliseringstank	$D_t = \frac{15 \cdot V_{SST} \cdot 1000}{Sp \cdot p}$	$\frac{kgSS}{kgSS/d} = d$

Slamalder:

$$\text{Anlegg uten slamstabiliseringstank} \quad G = \frac{3,5 \cdot V_L \cdot 1000}{S_p \cdot p} \quad \frac{\text{kgSS}}{\text{kgSS/d}} = \text{d}$$

$$\text{Anlegg med slamstabiliseringstank} \quad G = \frac{(3,5 \cdot V_L + 15 \cdot V_{SST}) 1000}{S_p \cdot p} \quad \frac{\text{kgSS}}{\text{kgSS/d}} = \text{d}$$

4.3 Biosorpsjonsanlegg

$$\text{Oppholdstid kontakttank} \quad = T_{LK} = \frac{V_{LK}}{Q_{dim}} \quad \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3/\text{h}} = \text{h}$$

$$\text{Oppholdstid aktiveringstank} \quad = T_{LA} = \frac{V_{LA}}{Q_{dim}} \quad \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3/\text{h}} = \text{h}$$

(returslamføring = 100% av Q_{dim})

$$\text{Oppholdstid sedimenteringstank} \quad = T_S = \frac{V_S}{Q_{dim}} \quad \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3/\text{h}} = \text{h}$$

$$\text{Slambelastning} \quad = F = \frac{70 \cdot p}{1000(3,5 \cdot V_{LK} + 6,0 \cdot V_{LA})} \quad \text{kgBOF}_7/\text{kgSS} \cdot \text{d}$$

$$\text{Overflatebelastning sedimentering} \quad = v_s = \frac{Q_{dim}}{A_S} \quad \frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}^2} = \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

$$\text{Spesifikk slamproduksjon} \quad = S_p = \text{tas ut av fig. 3} \quad \text{gSS/p} \cdot \text{d}$$

Tappeintervall:

$$\text{Anlegg med slamstabiliseringstank} \quad D_t = \frac{15 \cdot V_{SST} \cdot 1000}{S_p \cdot p} \quad \frac{\text{kgSS}}{\text{kgSS/d}} = \text{d}$$

Slamalder:

$$\text{Anlegg med slamstabiliseringstank} \quad G = \frac{(3,5 \cdot V_{LK} + 6,0 \cdot V_{LA} + 15,0 \cdot V_{SST}) 1000}{S_p \cdot p} \quad \frac{\text{kgSS}}{\text{kgSS/d}} = \text{d}$$

4.4 Eksempel på prosessmessige beregninger

Forutsetninger:

400 p tilknyttet

Spesifikk midlere spillvannsmengde

: 150 l/p·d.

Infiltrasjonsvannmengde

: 300 l/p·d.

$$Q_{\text{dim}} = \frac{400 \cdot 0,15}{14} + \frac{400 \cdot 0,30}{24} = 9,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

To tilbudte anlegg:

A: Lavtbelastet anlegg uten egen enhet for stabilisering av overskuddsslam (langtidslufter)

$$V_L = 145 \text{ m}^3$$

$$V_S = 30 \text{ m}^3$$

$$A_S = 16 \text{ m}^2$$

B: Biosorpsjonsanlegg med egen stabiliseringsenhet for overskuddsslam

$$V_{LK} = 14 \text{ m}^3$$

$$V_{LA} = 28 \text{ m}^3$$

$$V_S = 23 \text{ m}^3$$

$$A_S = 13 \text{ m}^2$$

$$V_{SST} = 60 \text{ m}^3$$

1) Oppholdstid i luftetank

$$\text{A: } 145/9,25 = 15,7 \text{ h}$$

$$\text{B: } \text{Kontakttank } 14/9,25 = 1,5 \text{ h}$$

$$\text{Aktiveringstank } 28/9,25 = 3,0 \text{ h}$$

2) Slambelastning

$$\text{A: } \frac{70 \cdot 400}{3,5 \cdot 145 \cdot 1000} = 0,050 \text{ kgBOF}_7/\text{kgSS} \cdot \text{d}$$

$$\text{B: } \frac{70 \cdot 400}{(3,5 \cdot 14 + 6,0 \cdot 28)1000} = 0,130 \text{ kgBOF}_7/\text{kgSS} \cdot \text{d}$$

3) Oppholdstid sedimentering

$$\text{A: } 30/9,25 = 3,2 \text{ h}$$

$$\text{B: } 23/9,25 = 2,5 \text{ h}$$

4) Overflatebelastning sedimentering

$$\text{A: } 9,25/16 = 0,58 \text{ m/h}$$

$$\text{B: } 9,25/13 = 0,71 \text{ m/h}$$

5) Spesifikk slamproduksjon

Av fig. 3

$$A: Sp = 24 \text{ gTS/p}\cdot\text{d}$$

$$B: Sp = 45 \text{ gTS/p}\cdot\text{d}$$

6) Tappeintervall, beregnet antall døgn mellom hver slamtapping

$$A : D_t = \frac{4 \cdot 145}{24 \cdot 400} 1000 = 60 \text{ døgn}$$

$$B : D_t = \frac{15 \cdot 60}{45 \cdot 400} 1000 = 50 \text{ døgn}$$

7) Slamalder

$$A : G = \frac{3,5 \cdot 145}{24 \cdot 400} 1000 = 53 \text{ døgn}$$

$$B : G = \frac{3,5 \cdot 14 + 6,0 \cdot 28 + 15 \cdot 60}{45 \cdot 400} 1000 = 62 \text{ døgn}$$

8) Ventet rensegrad

$$A: R > 90\%$$

$$B: R > 90\%$$

På grunn av det relativt tynne vannet, er det de hydrauliske belastninger og ikke den organiske stoffbelastningen som blir dimensjonerende.

Volummessig er anlegg B det minste. Totalt volum anlegg B er 125 m^3 og anlegg A er 175 m^3 . Begge anlegg ligger innenfor de grenser m.h.t. prosessparametre som er anbefalt i pkt. 6.1 m.h.t. slambelastning og slamalder.

A har lavere slambelastning enn B og dette gir en langt lavere spesifikk slamproduksjon ved A enn ved B. Totalt sett må man også tappe slam noe oftere fra B enn fra A. Det slammest man tapper fra B har imidlertid høyere slamalder enn det fra A, men slammest fra begge anleggene må karakteriseres som godt stabilisert.

Anlegg B har overflatebelastning på $0,71 \text{ m/h}$, hvilket er noe for høyt, mens A har overflatebelastning $< 0,6 \text{ m/h}$ ($0,58 \text{ m/h}$).

Sammen med de andre betraktningene kunne dette avgjøre at man valgte A fremfor B.

5. Fremgangsmåte ved kjøp av prefabrikerte anlegg

Som nevnt i kapittel 2, er den viktigste parameter for å kunne dimensjonere et anlegg, den dimensjonerende vannføring. Det beste er om man kan få gjort vannføringsmålinger, slik det er nevnt i kapittel 2, før man innhenter tilbud.

5.1 Opplysninger som må gis til leverandørene ved innhenting av tilbud

- a) *Type avløpsvann.* Om hvor avløpsvannet kommer fra (boligfelt, industri, skoler, osv.)
- b) *Antall personer* som skal tilknyttes (p).
- c) *Antall industriekvivalenter* som skal tilknyttes (dersom det er industri i nedslagsfeltet).
- d) Q_{dim} – *dimensjonerende vannføring.* Beregnet og/eller målt. Se kapittel 2.
- e) *Organisk belastning.* Skal forutsettes = $70 \text{ gBOF}_7 / \text{p} \cdot \text{d}$ ($60 \text{ gBOF}_5 / \text{p} \cdot \text{d}$)
- f) *Type ledningsnett, ledningsmateriale* og om mulig *leggingsår.*
- f) *Type ledningsnett, ledningsmateriale* o og om mulig *leggingsår.*
- g) *Overbygg.* Spesifikasjoner om hvordan et eventuelt overbygg skal være (kontrollrom, dusj, w.c. osv.).
- h) *Forbehandling.* Minimum av forbehandling bør være håndrenset rist.
- i) *Maksimal hydraulisk belastning.* Anlegget skal dimensjoneres slik at det skal kunne ta i mot $2 Q_{dim}$ over kortere perioder uten at rensegraden forverres betydelig.
- j) *Overløp.* Stillbart overløp som kan bredde vannmengder $> 2 Q_{dim}$ skal monteres før innløpet.
- k) *Renseeffekt.* Man bør kreve av anlegget at det skal gi $> 90\%$ renseeffekt m.h.t. organisk stoff (som BOF_7 -red) og suspendert stoff (som SS-red).

Man må be om:

- l) *Oversikt over arbeidsfordeling.* Man må komme frem til bindende avtale med leverandøren om hvilke arbeidsoppgaver byggherren selv skal stå for og hva leverandøren skal gjøre (f.eks. m.h.t. fundamentering, tilknytning til avløpsnett, overbygg, el-tilknytning, service osv.)

- m) *Fullstendige, målsatte tegninger* med angivelse av volumer og areal for alle de forskjellige tanker.
- n) Opplysninger om *bygningsteknisk utførelse* –
 - Platetykkelse
 - Overflatebehandling
 - Korrosjonsbeskyttelse
 - Fundamenttegninger
- o) Opplysninger om *maskinelle installasjoner* –
 - Kapasitet og fabrikat på kompressorer (evt. vifter)
 - Type luftsystem
 - Type returslamarrangement
 - Eventuell slamskrape
 - Eventuell automatikk
- p) Opplysninger om eventuelle *garantier* og hva disse innebærer –
 - Garanti for at leverandøren etter – eller i – innkjøringsperioden legger frem måleresultater som viser anleggets effektivitet.
 - Maskinteknisk garanti
 - Bygningsteknisk garanti
 - Garanti for tempoplan
 - Garanti m.h.t. renseeffekt
- q) Opplysninger om den *service* som kan ytes –
 - Kontraktservicetilbud
 - Leveringstid på reservedeler
- r) *Driftsinstruks* for kjøring av anlegget.
- s) *Bistand for igangkjøring* av anlegget og opplæring av personell. Dette bør inngå i garantien, se pkt. p.
- t) Opplysninger om *kjemisk felling* kan etableres ved anlegget. Dersom kjemisk felling skal etableres, må man be om tilbud på et opplegg for dette (doseringsutrustning).
- u) Opplysninger om *priser*. (Se også pkt. 6.4). Prisene må være gitt i overensstemmelse med den arbeidsfordeling (se pkt. 1) man er blitt enige om.

6. Vurdering av innhentet tilbudsmateriale

Det endelige valg av renseanlegg bør være basert på vurderinger av:

- Prosessmessig utforming
- Maskinteknisk utrustning
- Bygningsteknisk utforming
- Pris

Av disse punktene må det første sies å være svært viktig. Det spiller nemlig ingen rolle hvor billig, solid eller flott anlegget er, dersom det ikke har en prosessmessig utforming som er slik at det kan yte det som forutsettes.

6.1 Vurdering av prosessmessig utforming

Det foreslås at beregningene som skal ligge til grunn for vurderingen av prosessmessig utforming, utføres slik det er vist i kapittel 4. Når beregningene er gjort, kan de hensiktsmessig stilles sammen i tabellform slik det er vist i eksemplene i bilag I.

Egne erfaringer og data fra litteraturen (se litteraturhenvisninger) er lagt til grunn for de retningslinjer og anbefalte verdier for prosessparametre som blir angitt nedenfor.

Lavt belastede, vanlig oppbygde anlegg (langtidsluftere) uten egen slamstabiliseringsenhet: (når verdiene beregnes som vist i pkt. 4.2)

Slambelastning	F	: $\leq 0,1 \text{ kgBOF}_7/\text{kgSS-d}$
Oppholdstid sedimentering	T_S	: $\geq 2,5 \text{ h}$
Overflatebelastning sedimentering	v_S	: $\leq 0,6 \text{ m/h}$
Slamalder	G	: $\geq 20 \text{ døgn}$

Det gis ikke noen bestemt retningslinje for størrelsen av oppholdstiden i luftetanken. Dette fordi volumet av luftetanken er gitt ut fra kravet om slambelastning og slamalder. Vanligvis tilsvarer disse krav oppholdstid i luftetanken ≥ 14 timer.

For lavt belastede, vanlig oppbygde anlegg uten slamstabiliseringstank (langtidslufter), tilfredsstillers man kravene til slambelastning og slamalder ved å benytte seg av en "tommelregel" som sier at størrelsen på luftetanken skal i m³ være 0,2 ganger antall personer tilknyttet.

Ved normalbelastede ($F = 0,2-0,5$) og høyt belastede ($F = 0,5-1,0$) anlegg, kan man i hovedtrekkene oppnå det samme m.h.t. slammets stabilitet som ved lavt belastede anlegg dersom slamstabiliseringssystemet er godt nok utbygd.

Kravet om at slamalderen skal være ≥ 20 døgn, bør gjelde også for slike anlegg forat slammets borttransporteres skal være tilstrekkelig stabilisert.

Kravene til sedimenteringstanken er selvfølgelig de samme som angitt foran for lavt belastede anlegg.

For biosorpsjonsanlegg med egen slamstabiliseringsenhet anbefales følgende verdier: (når verdiene beregnes som vist i pkt. 4.3)

Oppholdstid kontakttank	T_{LK}	: $\geq 1,5$ h
Oppholdstid aktiveringstank	T_{LA}	: 3,0 – 6,0 h
Slambelastning	F	: $\leq 0,30$ kgBOF ₇ /kgSS-d
Oppholdstid sedimenteringstank	T_S	: $\geq 2,5$ h
Overflatebelastning sedimenteringstank	v_S	: $\leq 0,6$ m/h
Slamalder	G	: ≥ 20 døgn

Nødvendig størrelse på slamstabiliseringsbasseng blir gitt ut fra kravet om slamalder.

6.2 Vurdering av maskinteknisk utrustning

Det er svært vanskelig å gi noen generelle retningslinjer for det maskinelle utstyr, men i det følgende skal noen spesielle momenter nevnes.

6.2.1 FORBEHANDLING

Minstekravet til forbehandling bør være håndrenset rist på innløpet. I noen tilfeller er risten tenkt plassert i kum foran anlegget. Dette er en dårlig løsning. Er risten utformet som en kurv på tilløpsrøret, må kurven være lett demonterbar for tømning hver dag. Generelt gjelder det at risten må være enkel å tømme og rengjøre. Har man anlegg $>1.000-2.000$ p, bør man avlorlig overveie å installere en maskinrenset finrist. Denne har i praksis langt bedre avskillingsgrad enn hva de håndrensede har. Installasjon av maskinrenset rist vil forenkle driftsarbeidet både ved at driftsoperatøren slipper å renske risten hver dag og ved at faren for igjentettinger i anlegget blir mindre.

I tillegg til, eller i stedet for, rist kan man ha kloakkvern på innløpet.

Kjøper man kvern, bør man velge en som er basert på maleprinsippet og ikke på skjæreprinsippet. Erfaringer med kloakkverner har til nå vært dårlige.

6.2.2 LUFTESYSTEMET

De to mest anvendte luftesystemene er:

- 1) Trykkluftinnblåsing ved hjelp av kompressor, evt. vifte, som leverer luft til et diffusorsystem.
- 2) Overflatelufter som består av en skovle som pisker vannet opp og skaper turbulens og luftoverføring på den måten.

De aller fleste ferdiganlegg leveres med det første systemet. En av ulempene med overflateluftere er at de hvirvler opp en dusj med slamvann som det er ubehagelig å oppholde seg i nærheten av. Ved etablering av simultanfelling må overflateluftere antas å være uheldige da den intense omrøringen kan knuse fnokkene slik at de blir vanskelige å sedimentere.

Ved det første systemet kan diffusorene gi innblåsing med forskjellig boblestørrelse. Innblåsing av finfordelt luft, dvs. liten boblestørrelse, gir den beste oksygenoverføringen, men finluftinnblåsere har lettere for å gå tett enn grovluftinnblåsere.

De fleste ferdiganlegg leveres med luftinnblåsing med middels boblestørrelse, men enkelte blir levert med finluftinnblåsing. Dersom disse har et arrangement som gjør det enkelt å skifte diffusorer, kan dette være en fordelaktig løsning. Generelt bør diffusorrørene være enkle å demontere for inspeksjon og rengjøring, og det må være ventil for hvert av tilførselsrørene for individuell regulering.

Prosessens oksygenbehov medfører et luftbehov på minimum ca. 8 – 10 Nm³/p·d. Kravet til god omrøring kan i spesielle tilfeller føre til et høyere luftbehov.

Det er gunstig med en kompressor i reserve som kan gi luft ved driftsuhell og som kan være en ekstra sikkerhet dersom det viser seg at én kompressor ikke gir nok.

6.2.3 SLAMRETUREN

Slamreturen gjøres vanligvis med:

- Returpumping med mammutpumpe, eller
- Gravitasjon av slam gjennom spalte i bunnen av sedimenteringstanken.

Ulempen med spalteretur er at man ikke har kontroll med hvor stor returslamføringen er. Dersom returslammet skal graviteres ut av sedimenteringstanken samme vei som slamvannblandingen strømmer inn, kan det

oppstå motstrømsforhold. Dette kan føre til at slam akkumuleres i sedimenteringstanken med øket risiko for slamtap. Ved noen anlegg er dette problemet søkt løst ved at slamvannblandingen føres inn i sedimenteringstanken en annen vei enn returslammet føres ut.

Ettersom man har luft på anlegget, er det naturlig å bruke mammutpumpe dersom man skal pumpe slam i retur. Ved de anlegg som har returpumping ved mammutpumpe, bør det være færrest mulig bend på pumperøret slik at dette er lett å demontere og rengjøre. Utløpet av returpumperøret bør være rettet ned mot overflaten i luftebassenget slik at sjenerende sprut ikke oppstår. Det må være ventil på lufttilførselsrøret til mammutpumpen slik at luftmengden kan varieres.

6.2.4 KORROSJONSBESKYTTELSE

Dersom en ubehandlet 5 – 6 mm tykk stålplate graves ned i bakken i de øvre jordlag, må man regne med at det kan korroderes hull i løpet av en 10 års periode. Man skjønner derfor at det alltid må kreves en eller annen form for korrosjonsbeskyttelse av de prefabrikerte anlegg i stål.

En form for beskyttelse kan bestå i at man påfører metallet et korrosjonsbeskyttende belegg, for eksempel maling på tjæreepoxybasis eller tilsvarende. For at malingen skal hefte godt nok, og for at det ikke skal forekomme glødeskall under malingen, bør stålplatene sandblåses før malingen påstrykes. (Til hvilken standard sandblåsing skal foregå, er noe avhengig av stålplatenes beskaffenhet, men vanligvis kan SA3-standard kreves). Benyttes epoxymaling, bør tykkelsen på malinglaget som et minimum være 100 μm .

På grunn av at det alltid er fare for skade på malingen ved montering, bør man i tillegg også benytte katodisk korrosjonsbeskyttelse. Korrosjonsbeskyttende maling bør også være påstrøket innvendig i anlegg som beskyttelse mot korrosjon forårsaket av kloakkvannet.

6.2.5 INSTALLASJON FOR VANNFØRINGSMÅLING

Alle anlegg bør ha målekum med måleoverløp (helst på avløpet) slik at vannføringen enkelt kan foretas og slik at kontinuerlig registrerende måleutstyr kan installeres der dette er ønskelig. Kjennskap til vannføringen er grunnlaget for sikker kontroll av driftsbetingelsene på anlegget, og det er derfor av største viktighet at man har mulighet til å foreta korrekte vannføringsmålinger.

6.3 Vurdering av bygningsteknisk utforming

6.3.1 STYRKE MOT PÅKJENNINGER

Rent styrkemessig bør anlegget være dimensjonert slik at det tåler:

- Ensidig vanntrykk slik at tankene kan stå fulle av vann uten at det er etterfylt rundt anlegget.
- Utvendig ugunstigste jordtrykk (jordtrykk + grunnvannstand i overkant) ved tomt anlegg.

6.3.2 OVERBYGG

Renseanlegg her i landet bør overbygges. Dette er ikke bare av hensyn til rent prosessmessige forhold, men mest av hensyn til driftskontrollen av anlegget. For at driftsoperatøren skal kunne yte sitt beste for driften av anlegget, kreves – ved våre klimatiske forhold – at han har gode arbeidsforhold.

I tillegg til overbygg over selve bassengene, bør det derfor også bygges et kontrollrom med innlagt kaldt og varmt vann, og gjerne dusj og vannklosett, dersom anlegget er av noen størrelse.

Skal kjemisk felling etableres i anlegget, må overbygget være slik at det avsettes plass for lagring av fellingskjemikalier.

6.3.3 ANLEGGETS BELIGGENHET OG OMGIVELSER

Anlegget bør anlegges slik at det er bilvei helt frem. Dette er av hensyn til eventuell tiltransport av kjemikalier og uttransport av slam. Rundt anlegget bør en anlegge plen eller lignende for å gjøre utseende så tiltalende som mulig. Anleggsområdet bør innhegnes med gjerde.

6.4 Vurdering av pris

Vurdering av prisen må gjøres ut i fra den prosessmessige, maskintekniske og bygningstekniske utforming som er omtalt i det foranstående. Det er viktig at man får utarbeidet priser for det totale anlegget, dvs. fundamentering, el-tilknytning, tilknytning til avløpsnett, ekstrakostnader i forbindelse med overbygg osv.

Man må påse at alle ytelser man ber om er inkludert i leverandørens tilbud. Spesielt kan nevnes at man bør inkludere i prisen kostnader for leverandørens innkjøring av anlegget og dokumentasjon av anleggets effektivitet.

De totale kostnader forbundet med anlegging av prefabrikerte renseanlegg, viser seg ofte å være betydelig høyere enn de rene anskaffelseskostnader for selve renseanlegget.

7. Kjemisk felling i forbindelse med prefabrikerte biologiske rensesanlegg

Dersom man får krav til fjerning av fosfor, må man i tillegg til den biologiske rensing også etablere kjemisk felling.

Kjemisk felling kan enten gjennomføres ved å bygge ut anlegget med et ekstra trinn for dette, såkalt etterfelling, eller etableres direkte i det biologiske anlegget man har, som simultanfelling.

Dersom det settes svært strenge krav til fosforfjerningen, må det antas at etterfelling kreves. I de aller fleste tilfeller synes imidlertid simultanfelling å være mest hensiktsmessig ved den type anlegg det her er tale om. Dette er også den langt billigste løsningen. Ved simultanfelling doseres fellingskjemikaliet i luftetanken på det biologiske anlegget. Utfellingen av fosforforbindelsene skjer i luftetanken, og det utfelte kjemiske slammet avskilles sammen med det biologiske i sedimenteringstanken.

7.1 Fellingskjemikalium og doseringsmetode

Som fellingskjemikalium kan man ved simultanfelling benytte aluminiumsulfat, jernklorid og jernsulfat. Det er ting som tyder på at jernsaltene egner seg spesielt godt til simultanfelling.

Doseringen kan foregå på mange forskjellige måter. Ved små langtidsluftere (<300–400 pe), hvor man har en lang oppholdstid i luftetanken, viser forsøk at man kan oppnå gode resultater med en svært enkel, satsvis dosering. Med satsvis dosering menes at man veier opp hele døgnforbruket av fellingsmiddel og tilsetter dette på én gang ved simpelthen å strø eller helle det ut i luftetanken. Man kan selvsagt også dele opp døgnforbruket og dosere slik manuelt flere ganger i døgnet.

Når anlegget blir såpass stort at dette blir upraktisk, er det mer hensiktsmessig å løse opp fellingskjemikaliet i en doseringstank og så dosere det kontinuerlig ved hjelp av pumpe. Dette er selvsagt en bedre doseringsmåte enn satsvis dosering, også for små anlegg, men det krever doseringsstyr.

Ved biosorpsjonsanlegg er oppholdstiden i kontakttanken såpass kort at kontinuerlig dosering må foretas uansett størrelsen på anlegget.

Det mest praktiske ved de største anleggene det her er snakk om

(2.000–5.000 p), kan være å gå til anskaffelse av en kjemikaliesilo hvorfra fellingskjemikaliet doseres tørt til en oppløser før dosering til anlegget. Man kan også benytte en større lagertank som fellingskjemikaliet i løst form pumpes direkte til fra tankbil. Doseringen til renseanlegget skjer så direkte fra denne tanken eller via en egen doseringstank. Doseringsmengden vil vanligvis være 100 – 200 g/m³ av det aktuelle fellingskjemikalium.

7.2 Rensegrad og slamproduksjon ved simultanfelling

Man har svært liten erfaring med simultanfelling, men de forsøk som er utført tyder på at man skal kunne oppnå 90% fosforreduksjon ved simultanfelling i langtidsluftere. I biosorpsjonsanlegg er resultatene noe varierende, men også ved disse anlegg er over 90% fosforreduksjon rapportert.

Man får den samme, eller t.o.m. noe bedre, rensegrad m.h.t. organisk stoff. Man må regne med å få en øket slamproduksjon m.h.t. tørrstoffmengden av slammet. Forsøkene som er gjort tyder imidlertid på at slammet blir mer konsentrert slik at man kan operere med høyere tørrstoffkonsentrasjoner i luftetanken. På grunn av dette, skulle man ikke behøve å tappe slam vesentlig oftere enn når man ikke har etablert simultanfelling.

Renseresultatene og slamproduksjonen er i høy grad avhengig av hvordan flokkuleringsforholdene (dvs. omrøringsforholdene) er i luftetanken. Man bør ha en så rolig omrøring (ved luftinnblåsing) som mulig. Dette kan komme i konflikt med ønsket om å tilføre mye luft for å oppnå god oksygenoverføring. Her må man foreta en balansering. Generelt kan sies at finluftinnblåsing er mer fordelaktig m.h.t. simultanfelling enn grovluftinnblåsing og at overflatelufting troligvis er ugunstig p.g.a. den intense omrøringen.

Ved simultanfellingsanlegg er det spesielt viktig at diffusorlufterne er enkle å ta opp for ettersyn og rengjøring, ettersom det er grunn til å tro at faren for igjentetting er større ved etablering av simultanfelling.

8. Drift av små kloakkrenseanlegg

Driften av anleggene behandles ikke her, men det skal bare slås fast at ikke noe kloakkrenseanlegg, lite eller stort, vil virke slik det er forutsatt uten en god overvåking og et godt driftstilsyn.

Som en generell regel kan sies at anlegget bør besøkes hver dag. Arbeidstiden på anlegget fra dag til dag kan variere fra en halv time til flere timer, alt etter hvordan driftsrutinen blir lagt opp, og hvilke driftsvanskeligheter man har. Besøk hver dag er nødvendig for å sjekke blant annet at det ikke skjer igjentettinger med oversvømmelser til følge.

Ingen bør være driftsoperatør ved et slikt anlegg uten å ha minstekjenning til prosessen og anleggets virkemåte.

Statens Teknologiske Institutt i Oslo arrangerer hvert år kurs i "Drift og vedlikehold av små kloakkrenseanlegg". Dette, eller tilsvarende kurs, bør kreves som minsteutdanning av en driftsoperatør.

Ved kjøp av anlegg bør man i tillegg gjøre avtale med leverandøren om at denne skal forestå innkjøring av anlegget og i denne tiden også forestå opplæring av driftsoperatøren på det spesielle anlegg.

Litteraturliste

- (1) *Velzy og Sprague*, Infiltration specifications and Tests. Sewage and Industrial Wastes. March 1955.
- (2) *Statens Naturvårdsverk, Sverige*. Konsept 11.6.1970: Reningsmetoder för kommunalt avloppsvatten. Riktvärden för dimensionering.
- (3) *Lohr, Max*: Kläranlagen für kleine Gemeinden nach dem Belebungsverfahren mit Schlammstabilisation. Gas- und Wasserfach, 110 Jahrg.Heft 36, s. 996.
- (4) *Ministry of Housing and Local Government. H.M. Stationary Office*: Technical memorandum on activated-sludge sewage-treatment installations providing for a long period of aeration. London 1969.
- (5) *Truesdale, Birkbeck og Downing*: The Treatment of Sewage from Small Communities. J.Proc.Inst.Sew.Purif. 1966, s.34.
- (6) *Guiver og Hardy*: Operational Experiences with Extended Aeration Plants. Wat.Poll.Control 1968, s.194.
- (7) *Pasveer*: Über den Oxydationsgraben. Schweiz, Z. Hydrol. 26. 1964, s. 466.
- (8) *Health Education Service. Great Lakes-Upper Mississipi River Board of State Sanitary Engineers, U.S.A.*: Recommended Standards for Sewage Works. 1968 edition.
- (9) *Hopwood, A.P., Downing, A.L., Water Pollution Research Laboratory, Stevenage*: "Factors Affecting the Rate of Production and Properties of Activated Sludge in Plants Treating Domestic Sewage". J. inst. Sew. Purif. Vol. 64, 1964, s. 435-452.

Bilag I

Undersøkelse av innhentede tilbud på prefabrikerte kloakkrensaneanlegg

Etter at arbeidet med denne rapporten tok til, ble det snart klart at det ville være av interesse å få en oversikt over hvordan de prefabrikerte anlegg som finnes på det norske markedet er utformet og dimensjonert. Man innhentet derfor tilbud på anlegg i forskjellige størrelser.

I tilbudsforutsetningene ble det bedt om tilbud på anlegg for 150, 400, 900 og 2.000 personer, og man forutsatte at dimensjonerende vannføring var henholdsvis 1,56 m³/h, 4,17 m³/h, 9,38 m³/h og 20,8 m³/h.

Den vannføringen som er benyttet i tilbudsforutsetningene er vesentlig lavere enn det man normalt har i avløpssystemet i flertallet av de norske kommuner. Ved vurdering av de beregninger som er gjort av prosessparametrene i tabellene som følger, må man ha dette i minnet. Det forutsettes at dimensjonerende vannføring her er bestemt på grunnlag av målinger, og vannføringen i eksemplene kan være typisk for avløpet fra nyetablerte boligfelt. (Det presiseres igjen at dersom man ikke har vannføringsmålinger å støtte seg til, men antar vannmengden, bør ikke de *midlere* vannmengder settes lavere enn det som er angitt i pkt. 2.)

Ved høyere hydraulisk belastning enn den man her har, ville man i luftetank hatt kortere oppholdstid og i sedimenteringstank hatt større overflatebelastning enn det som er angitt i tabellene. Den organiske belastningen ville imidlertid vært den samme og faktorer som slambelastning, slamalder og tømmeintervall ville ikke vært påvirket av at hydraulisk belastning hadde vært større.

På grunn av det som her er nevnt, advares det på det mest bestemte mot å anvende de tall, som er beregnet for prosessparametrene i tabellene som følger, kritikkløst for vurdering av de enkelte anlegg i forbindelse med spesielle tilfeller. I praksis må man ved hvert enkelt tilfelle gjøre beregningene ut fra de gitte forutsetninger og så vurdere de tilbudte anlegg på grunnlag av disse beregningene.

På grunnlag av de innhentede opplysninger, er prosessparametrene for de fire anleggsstørrelsene regnet ut og satt sammen i oversiktstabeller.

I spørreskjemaet til de forskjellige leverandørene ba man — i store trekk — om de opplysninger som er nevnt i pkt. 5.1.

Man vil i denne oversikten begrense seg til vurderingen av prosessmessig

utforming, men enkelte spesielle maskintekniske og bygningstekniske forhold nevnes i egne kolonner og i rubrikken for merknader.

I oversikten er anleggene angitt med anleggsbetegnelse. I bilag II er gitt en oversikt over hvem som leverer de anlegg som er med i oversikten. Oversikten pretenderer ikke å inkludere alle anlegg som man måtte kunne kjøpe, men de leverandørene det her er tale om, leverer den vesentligste del av de prefabrikerte anlegg på det norske markedet i dag.

Kort beskrivelse av enkelte anleggstyper

Det ville føre alt for langt å beskrive de enkelte anlegg i detalj her, men enkelte anlegg som har en spesiell utforming skal nevnes kort.

SELCO-anlegget er spesielt i forhold til de andre ved at det har variabelt luftevolum (min 15 m³ – maks 37 m³). Avløpet stilles inn på en fast vannføring og korttidsvariasjoner i tilrenningen utjevnes ved at luftetankvolumet varierer. Dette vil ved støtbelastninger gi en jevnere belastning enn når man har fast luftetankvolum.

Prosessparametrene i tabellene som følger er ved Q_{dim} beregnet ut fra midlere luftevolum (26 m³). Oppholdstiden ved $2 Q_{dim}$ er beregnet ved maksimalt luftevolum og denne verdi er angitt i parentes i kolonne 3.

SELCO-anlegget er her ikke tilbudt med egen slamstabiliseringstank. Leverandøren hevder at, om det er ønskelig, kan dette for fremtiden tilbys slik at tømmeintervall og slamalder kan gjøres lengre enn ved de anlegg som her er tilbudt. Anlegget kan også leveres som biologisk/kjemisk etterfellingsanlegg. SELCO-anlegget har konisk, isolert overbygg med innlagt lys og varme over selve tanken. På grunn av sin størrelse og form kan man imidlertid ikke betrakte dette som et oppholdsrom for driftsoperatøren.

FLYGT leverer hovedsakelig mindre anlegg. Derfor er FLYGT bare representert ved et anlegg i den minste størrelsesgruppen.

FLYGT-4294 er spesielt i forhold til de andre ved at det drives intermitterent. Avløpsvannet tilføres en tank hvor det luftes på vanlig måte. Denne tanken virker også som sedimenteringstank ved at lufterne stanses, enten tidsstyrt eller nivåstyrt, og slammet får sedimentere. Deretter skjer utpumping av det frasedimenterte vannet, og en ny rensesyklus starter ved at luftingen gjenopptas og tanken på nytt fylles med avløpsvann.

Tanken er helt nedgravd og den er forbundet med bakkeoverflaten gjennom et nedstigningsrør med lokk. Et annet slikt rør utgjør maskinrom. Anleggets utforming kan vanskeliggjøre kontroll og driftstilsyn. FLYGT-4294 kan også leveres som biologisk/kjemisk etterfellingsanlegg.

Enkelte av anleggene av type ADDIGEST er tilbudt med lamellsedimentering. Lamellsedimentering er en modifisert sedimenteringsprosess som man ikke vil komme inn på her. Man oppnår med denne prosessen å kunne

reduere sedimenteringsenhetens volum og areal. Beregningsmåten blir annerledes og beregningsresultatene ikke direkte sammenlignbare med konvensjonelle sedimenteringstanker, og derfor er ikke beregningsresultatene når det gjelder lamellsedimentering tatt med i oversikten. Generelt kan sies at lamellsedimentering synes lite hensiktsmessig ved små anlegg. Det presiseres at leverandøren også kan levere ADDIGEST-anleggene med konvensjonell sedimentering.

Sammenstilling av beregningsresultater

I det følgende gis en forklaring til rubrikkene i tabellene. De forskjellige parametre er beregnet som vist i kapittel 4.

1) ANLEGGSBETEGNELSE

Oversikt over leverandører av de forskjellige anlegg i bilag II.

2) ANLEGGSKOMPONENTER

Her gis en oversikt over hvilke bassenger anlegget består av.

L – luftetank

LK – kontakttank i biosorpsjonsanlegg

LA – aktiviseringstank i biosorpsjonsanlegg

S – sedimenteringstank

SL – lamellsedimentering

SST – slamstabiliseringstank (for overskuddsslam)

LSI – luftet slamsilo (for lagring av overskuddsslam for borttransport)

3) $T_{L(K)}$ – OPPHOLDSTID LUFTETANK

(evt. kontakttank ved biosorpsjonsanlegg).

4) T_{LA} – OPPHOLDSTID AKTIVERINGSTANK

(ved biosorpsjonsanlegg).

5) T_S – OPPHOLDSTID SEDIMENTERINGSTANK

6) V_S – OVERFLATEBELASTNING SEDIMENTERINGSTANK

7) F – SLAMBELASTNING

8) R – RENSEGRAD m.h.t. BOF_7

Rensegraden kan man ta ut av fig. 3 som funksjon av slambelastningen. Man har imidlertid ikke funnet det hensiktsmessig å differensiere rensegraden mer enn å angi større eller mindre enn 90%. Dette gjøres

fordi man erfaringsmessig vet at andre faktorer, spesielt driftsforholdene, har mye å si for den endelige rensegrad.

9) Sp – SPESIFIKK SLAMPRODUKSJON

10) D_t – TØMMEINTERVALL, ANTALL DØGN MELLOM HVER SLAMTAPPING

Det presiseres at dette bare er veiledende, beregnede tall. I praksis kan man vente store individuelle variasjoner. Parameteren er tatt med fordi den kan ha stor anvendbarhet som sammenligningsparameter.

11) G – SLAMALDER

Relativt uttrykk for stabiliteten av det slam som tappes ut for borttransport.

Ved anlegg som har luftet slamsilo (LSI) regnes også denne som slamstabiliseringstank.

12) MATERIALE

Kolonnen gir opplysning om hvilket materiale tankene er oppbygget av.

ST – stål

BE – betongelementer

GAP – glassfiberarmert plast

13) PLANFORM

Si – sirkulært

R – rektangulært

14) LUFTESYSTEM

V – vifte

K – kompressor

D – diffusorer

ML – mammutlufter

OL – overflatelufter (turbinlufter)

15) SLAMRETUR

M – mammutpumpe

S – slamretur ved gravitasjon gjennom spalte

16) FORBEHANDLING

HR – håndrenset rist

MR – maskinrenset rist

17) KORROSJONSBEKYTTELSE

RBM— rustbeskyttende maling

KB – katodisk beskyttelse

18) MERKNADER

I denne rubrikken nevnes spesielle forhold vedrørende de respektive anlegg. Det er klart at man ikke kan gå i detalj når det gjelder hvert av anleggene i en slik oversikt. Spesielt må man i praksis vurdere bygningstekniske og maskintekniske faktorer nøye.

OPPGITT PRIS

De respektive leverandører skulle oppgi i sine tilbud pris for selve anlegget levert uten tilknytning, uten overbygg, oppe på bakken i Oslo.

Det er noe uklart om enkelte av leverandørene har fått med eller utelukket kostnadsposter som ikke var forutsatt i sine tilbud. På grunn av dette, er det under tabellene oppgitt bare høyeste og laveste pris, samt middelpriser innen hver av de fire størrelsesgruppene.

I praksis viser det seg ofte at totalkostnadene for anlegget nedgravet og tilknyttet beløper seg til betydelig høyere kostnader enn de som er forbundet med kjøp av selve rånlegget.

Prisene er beregnet 1/9–1972 og er ekskl. merverdiavgift.

Dimensjonerende vannføring: 1,56 m³/h.
Personbelastning: 150 personer.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Anleggs- betegn- else	Anleggs- kompon- enter	T _{L(K)} time h	T _{LA} time h	T _S time h	v _S m/h	F kg BOF ₇ kg SS _{5-d}	R %	S _p gSS p·d	D _t døgn	G døgn	Materiale	Planform	Luft- system	Slamretur	Forbehandl.	Korr. beskyttelse	Merknader
													V + ML	M + HR	RBM + KB		God driftsinstruks Patentert luftesystem
ALCLEAN L-290	L, S	14,3	4,0	0,54	0,133	>90	45	14	12	ST	SI	RBM					
DRAVO AEROPACK mod. E	L, S	19,2	3,7	0,35	0,100	>90	36	22	20	ST	R	K + D	M + HR				
VALMET 0	L, S	15,4	2,8	0,35	0,125	>90	44	15	13	ST + GAP	R + D	K + D	M				Anlegget sammensatt av utskiftbare element.
OXIGEST 8 CY 60	L, S	14,5	2,1	0,44	0,132	>90	45	14	12	ST	R	K + D	S + HR				
HYCON mod. 7	L, S	21,8	4,1	0,31	0,088	>90	33	28	24	ST	R	K + D	S + HR				
BIO- REAKTOR nr. 1	L, S, SST	8,0	3,3	0,45	0,240	>90	59	15	19	ST	SI	K + D	M + HR				* Plassert mellom L og S.
SELCO	L, S	16,7 (10,9)*	10,9	0,15	0,115	>90	41	17	15	GAP	SI	OL	S				Variabelt luftvolum, Overbygg i ett med rensetank. * Ved belastning 2 Q _{dim}
METOXY	L, S	15,4	5,4	0,27	0,125	>90	44	15	13	ST	R	K + D	M + HR				* Eventuelt kvern i tillegg.
FLYGT 4294	L, S*	10,0	1,5	0,67	0,100	>90	36	23	20	GAP	**	V + D	*				* Intermittert drift. Lufting og sedimentering i samme tank. ** Nedgravet tank (Horisontal).

Høyeste pris: 106.500,- kr. - Middelpris: 68.500,- kr. - Laveste pris: 53.000,- kr.

Dimensjonerende vannføring: 4,17 m³/h.
 Personbelastning: 400 personer.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Anleggs- betegn- else	Anleggs- kompon- enter	T _{L(k)} time h	T _{LA} time h	T _S time h	v _S m/h	F kg BOF _F kg SS·d	R %	S _p gSS p·d	D _t døgn	G døgn	Materiale	Planform	Lufte- system	Slamretur	Forbehandl.	Korr. beskyttelse	Merknader
ALCLEAN B 400 S	LK, LA, S, SST	2.8	5.5	2.3	0.63	0.157	>90	>90	50	9	18	ST	R	K	M	HR	Biosorpsjonsanlegg RBM + KB
DRAVO*																	
AEROPACK mod. E.	L, S	15.6	3.2	3.2	0.40	0.123	>90	>90	43	15	14	ST	R	K	M	HR	RBM + KB
VALMET 2	L, S	8.7	3.7	3.7	0.41	0.220	>90	>90	57	7	6	ST GAP	R	K	M	HR	Anlegget sammensatt av utskiftbare element. RBM
OXIGEST 12A17	L, S	15.6	2.5	2.5	0.46	0.122	>90	>90	43	15	14	ST	R	K	M	HR	RBM + KB
ADDIGEST 12 CA LC ₁	L, S _L	14.5	*	*	*	0.132	>90	>90	45	14	12	ST	R	K	M	HR	RBM + KB *Lamelledimentering
HYCON 2 x mod.8	2L, 2S	21.8	4.0	4.0	0.33	0.088	>90	>90	33	28	24	ST	R	K	S	HR	RBM + KB 2 paralelle enheter
BIO- REAKTOR nr. 3	L, S, SST, LSj **	4.1	7.4	7.4	0.32	0.470	>90	>90	68	21	24	BE	Si	K	M	HR	*Plassert mellom L og S **Sandfang og kloreringsbrønn i tillegg. Eventuelt maskinrenset rist. Variabelt luftvolum Overbygg i ett med rensertank *Ved belastning 2 Odjm *Eventuelt kvern i tillegg
SELCO	L, S	6.3 (5.0)*	4.1	4.1	0.40	0.307	>90	>90	62	4	4	GAP	Si	OL	S		
METOXY	L, S	18.0	4.1	4.1	0.34	0.106	>90	>90	38	20	18	ST	R	K	M	HR	RBM

Høyeste pris: 140.000,- kr. -- Middelpriis: 110.000,- kr. -- Laveste pris: 79.000,- kr.

Dimensjonerende vannføring: 9,38 m³/h.
 Personbelastning: 900 personer.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Anleggs- betegnelse	Anleggs- komponen- ter	T _{L(K)} time h	T _{LA} time h	T _S time h	v _S m/h	F kg BOF ₇ kg SS/d	R %	S _a gSS p·d	D _t døgn	G døgn	Materiale	Planform	Luftesystem	Slamretur	Forbehandl.	Korr. beskyttelse	Merknader
ALCLEAN B 800 S	LK, LA, S, SST	2,5	4,9	2,2	0,71	0,176	>90	53	8	15	ST	R + D	K + D	M	HR	RBM + KB	Biosorpsjonsanlegg. Dimensjoner for 800 p. Her belastet med 900 p.
DRAVO AEROPACK 2 x mod. E	2L, 2S	13,8		2,9	0,45	0,138	>90	47	13	11	ST	R + D	K + D	M	HR	RBM + KB	2 parallele enheter.
VALMET 7	L, S	7,2		4,3	0,38	0,264	>90	61	5	5	ST GAP	R + D	K + D	M		RBM	Anlegget sammensatt av utskiftbare element.
OXIGEST 20 B27	L, S	11,1		1,9	0,60	0,173	>90	53	9	8	ST	R + D	K + D	M	HR	RBM + KB	
ADDIGEST 10 RA LC	L, S _L *	12,1		*	*	0,158	>90	51	10	9	ST	R + D	K + D	M	HR	RBM + KB	* Lamelledimentering
DUPER KOMPAKT B 407	LK, LA, S, SST	2,3	4,7	7,5	0,52	0,184	>90	54	14	21	ST	Si + D	K + D	M	HR	RBM + KB	Biosorpsjonsanlegg.
SELCO	L, S	2,8 (2,0)*		1,8	0,89	0,692	<90	74	2	2	GAP	Si	OL	S			Variabelt luftvolum. Overbygg i ett med rensesank. * Ved belastning 2 Q _{dim} .
METOXY	L, S, SST	9,6		3,7	0,38	0,200	>90	56	9	16	ST	R + D	K + D	M	HR	RBM	* Eventuelt kvern i tillegg.
BIO- REAKTOR nr. 7	L, S, SST, LSI**	4,4		7,4	0,34	0,438	>90	67	27	29	BE	Si + D	K + D	M	HR*	RBM	* Plassert mellom L og S. Evt. maskinrenset rist. ** Sandfang og kloreringsbrønn i tillegg.

Høyeste pris: 246.000,- kr. — Middelpri: 168.000,- — Laveste pris: 106.500,- kr.

Dimensjonerende vannføring: 20,8 m³/h.

Personbelastning: 2000 personer.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Anleggs- betegn- else	Anleggs- kompon- enter	T _{L(K)} time h	T _{LA} time h	T _S time h	v _S m/h	F kg BOF ₇ kg SS·d	R % kg SS·d	S _p gSS p·d	D _t døgn	G døgn	Materiale	Planform	Lufte- system	Slamretur	Forbehandl.	Korr. beskyttelse	Merknader
DRAVO AEROPACK mod. A	LK, LA, S, SST, LSI	3,1	7,2	5,8	0,79	0,147	>90	49	13	23	ST	Si	K + D	M	HR +	* RBM + KB	Biosorpsjonsanlegg * Kan leveres med kvern i tillegg Evt. klorutstyr i tillegg.
2 x VALMET 7	2 L, 2 S	6,5		3,8	0,42	0,294	>90	62	5	4	ST + GAP	K + D	M	RBM		2 paralelle enheter. Anleggene sammensatt av utskiftbare element.	
DUPER KOMPAKT B 610	LK, LA, S, SST	2,0	4,0	6,7	0,59	0,220	>90	57	11	17	ST	Si	K + D	M	HR +	RBM + KB	Biosorpsjonsanlegg
2 x SELCO	2 L, 2 S	2,5 (1,8)*		1,6	0,99	0,769	<90	76	2	2	GAP	Si	OL	S			2 paralelle enheter. Variabelt luftevolum. Overbygg i ett med rensetank. * Ved belastning 2 Q _{dim}
BIO- REAKTOR nr. 13	L, S, SST, LSI**	3,7		6,0	0,42	0,525	>90	69	24	25	BE	Si	K + D	M	HR*		* Eller maskinrenset rist. Plassert mellom L og S * Sandfang og kloreringsbrønn i tillegg.
METOXY	L, S**, LSI	9,4		**	**	0,205	>90	56	10	17	ST	R	K + D	M	HR* RBM		* Eventuelt kvern i tillegg. ** Sedimenteringstank i betong. Inngår ikke i leveransen. Mål ikke oppgitt.
ADDIGEST 10 R LC	L, S _L *	14,6		*	*	0,132	>90	45	14	12	ST	R	K + D	M	HR +	RBM + KB	* Lamelsedimentering
ADDIGEST 10 RA C4/3	L, S	16,4		3,5	0,47	0,117	>90	42	17	15	ST	R	K + D	M	HR +	RBM + KB	

Høyeste pris: 390.000,- kr. — Middelpris: 300.000,- kr. — Laveste pris: 213.000,- kr.

Vurderinger

Prosessparametrene er beregnet ut fra belastning med Q_{dim} . Det skal imidlertid forutsettes ved innhenting av tilbud at anlegget skal kunne ta imot $2 Q_{dim}$ over kortere perioder uten at rensegraden i vesentlig grad forverres. Denne forutsetningen har først og fremst betydning for overflatebelastningen som ved $2 Q_{dim}$ bør være $<1,2$ m/h.

Den prosessmessige vurdering av de forskjellige anlegg overlates til leseren etter de retningslinjer som er beskrevet i kapittel 6. Enkelte forhold skal imidlertid nevnes.

Man ser av tabellene at når personbelastningen er henholdsvis 150, 400, 900 og 2.000 personer, vil de aller fleste anleggstypene få for høy slambelastning og for lav slamalder i forhold til de retningslinjer som er gitt i pkt. 6.1.

Et annet viktig punkt som går klart frem, er at størrelsen på slamproduksjonen ofte undervurderes. De fleste leverandører som tilbyr lavtbelastede anlegg uten stabilisering av overskuddsslam, oppgir at slamtapping må foretas 2 – 4 ganger i året. Man må regne med betydelig oftere slamtapping. Mange vil hevde at man i anlegg som er i drift ikke behøver å tappe slam så ofte som beregningene i denne rapporten skulle tyde på. Dette kan ha sin årsak i følgende forhold:

- Den organiske belastning kan være mindre enn det som her er forutsatt, slik at slamproduksjonen blir mindre.
- Anlegget kan drives med høyere slamkonsentrasjon i luftetanken enn det som her er forutsatt. Dette kan i så fall medføre lavere slambelastning og dermed lavere slamproduksjon.
- Det sker en sedimentering og akkumulering på bunnen av luftetanken av ikke nedbrytbart materiale (sand, kaffegrut, osv.).
- Det skjer slamtap gjennom avløpet fra anlegget.

Ofte kan alle disse forhold inntreffe, men vanligvis forekommer det slamtap fra slike anlegg og da vil kravet til rensegrad ikke være tilfredsstillende. Man vil selvfølgelig her ha store individuelle variasjoner i praksis, og det presiseres på nytt at de beregnede antall døgn mellom hver slamtapping hovedsakelig må betraktes som retningsgivende for sammenligningsformål.

Beregningen av slamalder viser også nytten av å ha egen slamstabiliseringstank ved de største anleggene. Det er ting som tyder på at når slike anlegg blir belastet med mer enn 800 – 1.000 personer, er det mest hensiktsmessig å bygge biosorpsjonsanlegg med egen slamstabiliseringstank p.g.a. byggevolumene og slammets stabilitet.

Det er også påfallende at det er anleggene for 900 personer som er høyest prosessmessig belastet relativt sett. Dette kommer sannsynligvis av at 900

personer er en noe ukurant størrelse idet de forskjellige leverandører har anlegg i standardiserte størrelser. Dette vil man få opplysninger om ved henvendelse til leverandøren.

Anlegg av type BIO-REAKTOR har generelt i denne sammenheng en høy belastning (tilsvarende normalbelastet anlegg). P.g.a. at man har et godt utbygd slamstabiliseringssystem, ser man imidlertid at man ikke behøver å tappe slam oftere enn i de lavtbelastede anlegg, og man ser at slammet man tapper blir godt stabilisert (høy slamalder). Leverandøren av disse anlegg kan også tilby prefabrikerte kjemiske direktefellings- og etterfellingsanlegg.

Anlegg av type VALMET er også tilbudt med noe høy belastning (for de største anlegg). Ved dette anlegget har man ikke tilbudt slamstabilisering som standard, og om man ikke bygger det i tillegg ved de anlegg som har høy slambelastning, ser man at slamtapping må foretas ofte og at slammet blir dårlig stabilisert. Anlegget er sammensatt av utskiftbare element, slik at anlegget kan utvides uten å kjøpe et nytt komplett anlegg.

SELCO-anlegget tilbys med samme størrelse på anlegget i hele belastningsområdet fra 150 – 1.000 personer tilknyttet.

I det laveste belastningstilfellet kan anlegget betraktes som lavt belastet, mens det ved 400 personer tilknyttet er normalbelastet, og ved 900 og 2.000 personer tilknyttet er høyt belastet.

Dette medfører at når anlegget belastes med mer enn ca. 150 personer, bør man, om kravet til slammets stabilitet (slamalder) skal overholdes, også bygge slamstabiliseringstank.

Til slutt skal nevnes at de fleste leverandører har anlegg i flere størrelser å tilby, og de som er omtalt her er bare et lite utvalg. Det burde derfor alltid kunne være mulig å finne et anlegg som passer godt for det belastningstilfellet man har i den enkelte situasjon.

Før man kjøper et anlegg kan det, foruten å gjøre de vurderinger som her er omtalt, også være hensiktsmessig å foreta en befaring til eksisterende anlegg av samme type. Råd og veiledning av driftsoperatørene ved slike anlegg kan være verdifulle når det endelige valg skal gjøres.

Bilag II

Oversikt over leverandører til de anlegg som er med i oversikten

ALCLEAN-anlegg leveres av:

Alfsen og Gunderson A/S, Stålverksveien 1, Oslo 6.

DRAVO-AEROPACK-anlegg leveres av:

A/S Flebu Lufteteknikk, Ringeriksveien 175, 1300 Sandvika.

OXIGEST- og ADDIGEST-anlegg leveres av:

A/S Lorentzon og Wettre, Ensjøveien 8, Oslo 6.

HYCON- og DUPER KOMPAKT-anlegg leveres av:

Drammen Sveiseverksted, Bj.Bjørnsonsgt. 104/106, 3001 Drammen.

BIO-REAKTOR-anlegg leveres av:

A. Johnson og Co.A/S, Mustadsvei 1, Oslo 2 (postboks 98).

SELCO-anlegg leveres av:

A/S Sunde og Co.Ltd., Ulvenveien 89, P.b. 222, Økern, Oslo 5.

METOXY-anlegg leveres av:

Rørprodukter A/S, Strømsveien 18, 2010 Strømmen.

FLYGT-anlegg leveres av:

Flygt Pumper A/S, Grenseveien 109, Oslo 6.

VALMET-anlegg:

Tilbudene som er omtalt i undersøkelsene er gitt av Brødr. Dahl A/S, Grenseveien 65/67, Oslo 6. Etter at opplysningene ble gitt, er det imidlertid blitt klart at det svenske firmaet Ahlsell & Ågren foreløpig er ansvarlig for leveransene i Norge. Dette forhold er p.t. ikke avklart. Det presiseres imidlertid at de opplysninger som ligger til grunn for undersøkelsen angående anlegg av typen VALMET er gitt av Brødr. Dahl A/S.