

# Simultanfelling – aktuell metode for fjerning av fosfor. Erfaringer fra Asker Batteri kloakkrenseanlegg

Av *siv.ing. Hallvard Ødegaard*

Hallvard Ødegaard er ansatt som forsker ved Norsk institutt for vannforskning. Han er *siv.ing.* fra Norges Tekniske Høgskole, Trondheim i 1969.

## INNLEDNING

Det er overveiende lave folketall i de norske kommuner. Ifølge Statistisk Årbok for 1971, har 37 % av de norske kommuner et folketall på under 3 000 innbyggere. 45 % av kommunene har folketall på 3 000—10 000 personer, mens bare 18 % har folketall som er større enn 10 000 personer.

Av dette skulle det fremgå at man må vente at en stor del av de kloakkrenseanlegg som vil bli bygd her i landet vil være små, dvs. 100—5 000 personekvivalenter tilknyttet.

Anlegg i denne størrelsesorden vil for en stor del være av typen prefabrikerte biologiske renseanlegg. Av disse anlegg har man i dag allerede ca. 100.

I de senere år er fosforets uheldige virkning i eutrofieringssammenheng blitt mer og mer kjent, og det vil sannsynligvis etterhvert bli vanlig at NVE vil forutsette at fosforreduk-

sjon blir gjennomført ved eventuell godkjennelse av utslipp.

Vanligvis fjerner man avløpsvannets innhold av fosfor gjennom den såkalte kjemiske fellingsprosessen.

Simultanfelling er en metode der man kombinerer den biologiske renseprosess med den kjemiske fellingsprosess ved at man doserer fellingsmidlet like før, eller i, luftebassenget på et aktiv-slammanlegg.

Om simultanfellingsprosessen kan gi tilfredsstillende renseresultater m.h.t. fosfor og organisk stoff, burde den kunne bli en økonomisk fordelaktig alternativ løsning på mange norske kommuners kloakkrenseproblemer.

## *Forsøksdrift ved Asker Batteri kloakkrenseanlegg.*

I siste halvår av 1971 gjennomførte NIVA i samarbeid med Forsvarets Bygningstjeneste (FBT) et forsøksprogram ved Asker Batteri kloakkrenseanlegg for å studere simultanfelling i en langtidslufter.

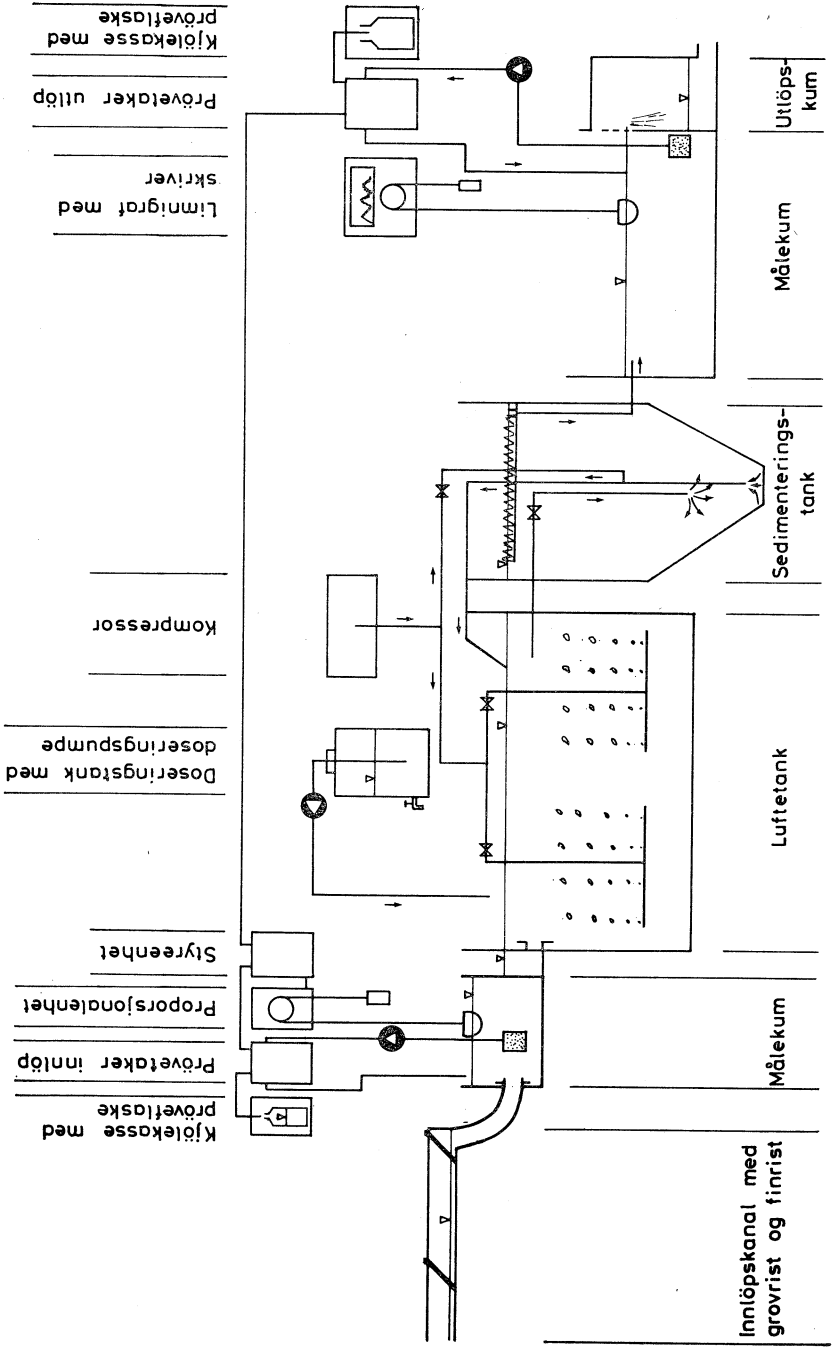


Fig.1 Skjematisk skisse av forsøksanlegget ved Asker Batteri

En langtidslufter er et aktivslam-anlegg som opererer med lange oppholdstider (ca. ett døgn). P.g.a. den lange oppholdstiden blir forholdet mellom næring og den totale biologiske slammengde lavt. Man oppnår derved en god fjerning av organisk stoff samtidig med en minimal produksjon av overskuddsslam. Slamtapping foretas intermittert med 2—3 måneders mellomrom.

#### *Forsøksanlegg og forsøksopplegg.*

Figur 1 viser en skjematisk skisse av forsøksanlegget ved Asker Batteri. Vannføringen til anlegget varierer betydelig over døgnet, men fra døgn til døgn varierer den relativt lite og er i gjennomsnitt ca. 20 m<sup>3</sup>/døgn. Ved middelvannføring er oppholdstiden i luftetanken ca. 35 timer.

Sedimenteringstanken har lav overflatebelastning ved middelvannføring (0,21 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h), men ved støtbelastninger kan overflatebelastningen oppgå til det ti-dobbelte.

Det ble tatt prøver både på innløp og utløp proporsjonalt til innkommende vannmengde.

Doseringsutrustningen besto av en 300 liters doseringstank av PVC og doseringspumpe (slangepumpe). Kjemikaliene ble tilsatt direkte i luftebassenget. For detaljer om forsøksapparatene, vises til NIVA-rapport O-38/71.

For å få best mulig sammenligning for hva man kan oppnå av renses-effekter ved simultanfelling i en langtidslufter, ble forsøkene og prøvetakingen delt opp i fem forsøksperioder.

1. periode — ingen dosering (4 uker)
2. » — jevn dosering FeSO<sub>4</sub> (5 uker)
3. » — bulkdosering FeSO<sub>4</sub> (3 uker)
4. » — jevn dosering Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (4—5 uker)
5. » — ingen dosering (ca. 2 uker)

Den jevne dosering ble gjort ved at man løste opp koagulantene i doseringstanken og doserte med jevn doseringsmengde over døgnet direkte i luftetanken. Ved bulkdoseringen ble et helt døgn forbruk av koaguleringsmiddel tilsatt på en gang ved å drysse dette i tørr tilstand ut i luftebassenget.

Som koaguleringsmiddel benyttet man henholdsvis jernsulfat fra Kronos Titan A/S og aluminiumsulfat fra Lysaker Kemiske Fabrik A/S.

Det primære ved det aktuelle forsøket var ikke å bestemme optimale koagulantdoser. For at man skulle få peiling på hvilke doseringsmengder man burde benytte, ble det gjennomført «jartest» forsøk. Disse innledende forsøk viste at man oppnådde god felling ved doseringsmengder på 120—150 mg/l, både ved bruk av jernsulfat og aluminiumsulfat.

Selv om tilløpsvannføringen varierer betydelig ved Asker Batteri, anså man at det var unødvendig å styre doseringen etter vannføringen p.g.a. den lange oppholdstiden i luftebassenget som man doserer fellingsmidlet direkte i.

Siden vannføringen, foruten å variere over døgnet, også varierte noe fra døgn til døgn, varierte også dose-

ringsmengden i mg/l fra døgn til døgn. (Variasjonsområde 100—150 mg/l  $\text{FeSO}_4$  eller  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .)

*Forsøksresultater og diskusjon av disse.*

Man analyserte på en hel rekke parametre, men bare de viktigste

skal nevnes her. For videre studium henvises til NIVA-rapport O-38/71.

I tabellene nedenfor er gjennomsnittsverdien med standardavvik for hver periode satt opp. Man gjorde ca. 10 døgnprøvetakinger pr. periode.

Resultatene m.h.t. fosfor er vist i tabell 1.

Tabell 1.

Forsøksperiode	Doseringsmetode	inn mg P/l	Tot. P ut mg P/l	red %	inn mg P/l	Orto-P ut mg P/l	red %
1	Ingen dos.	7,42 ± 1,31	5,42 ± 0,74	26,9 ± 8,4	6,49 ± 1,46	5,28 ± 0,83	18,6 ± 11,9
2	Jevn dos. $\text{FeSO}_4$	7,51 ± 2,92	0,59 ± 0,28	93,0 ± 1,6	6,64 ± 2,47	0,38 ± 0,33	94,8 ± 2,6
3	Bulk dos. $\text{FeSO}_4$	11,35 ± 6,68	0,67 ± 0,23	94,2 ± 2,0	8,48 ± 6,79	0,40 ± 0,26	95,3 ± 3,9
4	Jevn dos. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	12,16 ± 4,75	0,69 ± 0,41	94,4 ± 3,7	9,77 ± 5,11	0,47 ± 0,34	95,3 ± 4,1

Fosforreduksjonen i første periode må sies å være normal for et biologisk renseanlegg (26,9 % reduksjon).

Man fikk en umiddelbar reduksjon av fosforinnholdet i utløpet etter at fellingen tok til. Ved jevn dosering  $\text{FeSO}_4$  hadde man en utløpskonsentrasjon m.h.t. Tot. P på 0,59 mg P/l i middel og fosforreduksjon på 93 %.

Ved bulkdosering var den prosentvise fosforreduksjon enda bedre, men middelverdien av utløpskonsentrasjonen var noe dårligere (0,67 mg P/l).

Det er ting som tyder på at utløpskonsentrasjonen av fosfor vil ligge lavere over lengre tids drift med jevn

dosering i forhold til bulkdosering. Den enkle doseringsmetoden tatt i betraktning, må bulkmetoden sies å ha gitt oppsiktsvekkende gode resultater m.h.t. fosforfjerning.

Det ble oppnådd gode fosforreduksjoner med aluminiumsulfat som felingsmiddel. Med aluminiumsulfat tok det lengre tid før de gode resultater oppsto. Man hadde en relativt dårligere reduksjon i første del av perioden i forhold til slutten av perioden.

Analyseresultatene m.h.t. organisk stoff, målt som  $\text{BOF}_7$  på ufiltrert og filtrert prøve, er vist i tabell 2.

Tabell 2.

Forsøks- periode	Doserings- metode	BOF <sub>7</sub> (ufiltrert)			BOF <sub>7</sub> (filtrert)		
		inn mg P/l	ut mg O/l	red %	inn mg O/l	ut mg O/l	red %
1	Ingen dos.	348	14,0	96,0	192	4,2	97,8
		± 97	± 7,8	± 5,0	± 69	± 1,9	± 1,4
2	Jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	284	8,3	97,0	153	2,1	98,5
		± 88	± 4,2	± 2,0	± 32	± 0,9	± 1,0
3	Bulk. dos. FeSO <sub>4</sub>	296	6,1	97,9	192	1,7	99,0
		± 155	± 1,5	± 1,1	± 127	± 1,3	± 1,1
4	Jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	295	5,6	98,0	178	1,2	99,2
		± 102	± 2,9	± 1,1	± 58	± 1,0	± 0,8

Av tabellene går det frem at man i alle perioder hadde en meget god reduksjon av organisk stoff.

Resultatene med kjemisk felling er minst like god som når man ikke hadde simultanfelling. Dette må sees i sammenheng med slammets bedre sedimenteringsegenskaper ved felling.

Man kan se at den biokjemiske nedbrytning i anlegget går meget langt (oppholdstiden er ca. 35 timer). Utløpskonsentrasjonen av organisk stoff på filtrerte prøver er usedvanlig lav, 1,2 l. Den mengde organisk stoff som går i utløpet, skyldes altså for en stor del det suspenderte stoff (fnokker som går i overløpet).

De beste resultater har man ved Al-fellingen. Det må antas at dette ikke har sin hele begrunnelse i type av koaguleringsmiddel, men at det også har sammenheng med at flyte-slamproblemet var mindre fremtredende i den fjerde perioden.

Analysesultatene av KOF (kjemisk oksygenforbruk), viste i store trekk samme variasjoner som BOF<sub>7</sub>.

For dette forsøket var analyse-

resultatene, når det gjelder fosfor og organisk stoff, de viktigste, men man analyserte også på en rekke andre parametre. Disse kommenteres kort nedenfor.

Reduksjonen av suspendert stoff var i alle perioder god (95 % reduksjon) og varierte i store trekk på samme måte som reduksjonen av organisk stoff.

Vanligvis har man en økning av pH fra innløp mot utløp i aktivslamanlegg p.g.a. utlufting av CO<sub>2</sub>. Etter at fellingen startet, fikk man naturlig nok et surere utløpsvann (pH ca. 6,6—6,7). Variasjon i utløps-pH p.g.a. bulkdosering i tredje periode, var ikke betydelig.

Alkaliteten var lavere i utløpsvannet i fellingsperiodene. Dette har sin årsak i at HCO<sub>3</sub>-ioner forbrukes ved fellingen.

Man hadde under hele forsøket en noe nær fullstendig nitrifikasjon, dvs. overføring av nitrogen fra ammoniumformen til nitratformen. Dette har sammenheng med den lange oppholdstiden og vannets høye tempera-

tur. Simultanfelling, i sammenligning med normal aktivslamdrift, ser ikke ut til å ha hatt noen klar innvirkning på nitrogenomsetningen i systemet.

Man hadde i alle perioder en reduksjon av jernmengden i vannet gjennom anlegget, og jernkonsentrasjonen i utløpet er ikke i noen periode spesielt høy (< 1 mg/l). (Se tabell 3).

Tabell 3.

Forsøksperiode	Doseringsmetode	$\mu\text{g Fe/l}$		% red
		inn	ut	
1	Ingen dosering	596	136	77
		$\pm 224$	$\pm 77$	
3	Jevn dosering $\text{FeSO}_4$	516	366	29
		$\pm 135$	$\pm 87$	
3	Bulk. dosering $\text{FeSO}_4$	1450	890	42
		$\pm 203$	$\pm 454$	
4	Jevn dosering $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	1280	363	72
		$\pm 1077$	$\pm 218$	

M.h.t. saltene Na, K, Ca, Mg, kunne man ikke registrere noen forandring med simultanfelling sammenlignet med vanlig drift.

Man fikk en bedring i fjerningsgraden av kobber og bly, mens sinkmengden økte ved simultanfelling, sannsynligvis p.g.a. større tæring på galvaniserte rør ved den lave pH.

Som ledd i den daglige driftsrutinen, ble slamvolum, siktedyp, temperatur og tildels oksygenkonsentrasjon i luftetanken registrert.

Man kunne, like etter at en periode med simultanfelling startet, registrere noe mer turbid avløpsvann en kort tid (ett par dager). Senere fikk man generelt klarere avløpsvann ved simultanfelling enn ved vanlig biologisk drift.

Det er korte tilførselsledninger til forsøksanlegget. Selv med minusgrader i luften, var ikke temperaturen lavere enn  $12^\circ \text{C}$  i vannet. I sommervarmen var vanntemperaturen  $> 20^\circ \text{C}$ . Den høye temperaturen i vannet skyldes de korte tilførselsledninger og kan være en av årsakene til de gode rensresultatene som man oppnår m.h.t. organisk stoff.

Anlegget ble drevet på en slik måte at man hadde oksygenoverskudd under hele forsøket. Oksygenkonsentrasjonene varierte mellom 2–5 mg O/l ved normal drift. Ved lave temperaturer hadde man høyere oksygenkonsentrasjoner uten at luftmengden ble øket, enn ved normale temperaturer. Dette skyldes hovedsakelig at man

ved lavere temperaturer har lavere biologisk aktivitet og dermed lavere oksygenforbruk.

Man tok døgnpøver etter at fellingen var avsluttet for å studere hvordan anlegget oppførte seg og hvor lang tid det tok før tilstanden var som i normalt aktivslamanlegg igjen. Generelt kan man si at de parametre som viste liten forandring ved at felling ble innført, også viste liten forandring ved at felling opphørte. Man hadde imidlertid en viss treghet i systemet, slik at jo lenger man fjernet seg i tid fra fellingsperioden, dess mer tenderte resultatene å bli som de var i første periode.

#### *Slamstudier.*

Det første man registrerte etter at simultanfelling startet, var at man fikk et betydelig tyngre slam. Sedi-menteringsegenskapene bedret seg og man kunne operere med langt lavere slamvolum ved et bestemt tørrstoffinnhold enn ved vanlig aktivslamdrift (dvs. lavere slamvolumindeks). Slamvolumindeks i fellingsperiodene lå rundt  $SVI = 50$  ml/g.

Man kunne ikke registrere noen betydelig økning i slamproduksjonen (basert på tørrstoff) ved simultanfelling i forhold til konvensjonell drift. Slamproduksjonen var ved simultanfelling 0,4—0,6 kg tørrstoff /d.kg  $BOF_7$  tilført.

Man hadde en markant økning i gløderestens andel i slammet. I og med at tørrstoffmengden tilsynelatende ikke har vist noen betydelig økning, utgjør dermed organisk stoff en mindre andel av slammet ved simultanfelling.

P.g.a. de forandrede slamkarakteristika (lavere slamvolumindeks) ved simultanfelling, kunne man imidlertid holde mer slam i luftetanken slik at total mengde organisk stoff i aktivslammet kunne holdes like høyt som ved normal drift.

Opptaket av jern i slammet var betydelig. Dette førte til at man etter en tid hadde store jernkonsentrasjoner i slammet (ca. 80 g Fe/kg tørrstoff). Dette må en regne med virker gunstig på fellingsforløpet, og det at man kunne registrere en betydelig fosforreduksjon lenge etter at doseringen hadde stanset, tyder på at simultanfelt slam i seg selv — i en viss tid — kan virke fosforreduserende.

#### *Erfaringer med simultanfelling i andre land.*

Simultanfellingsmetoden ble introdusert av professor Thomas i Sveits i 1959 (1). Ved utgangen av 1969 var det 10 anlegg i Kanton Zürich, hvor man gjennomførte simultanfelling med jernklorid (eller klorert jernsulfat).

Man oppnådde i gjennomsnitt en Tot.P-reduksjon på ca. 85 % og en  $BOF_5$ -reduksjon på ca. 95 %. Konsentrasjonen av jern i utløpet var ved alle anleggene lav, 0,08—0,56 mgFe/l.

I Finland har man gjennomført simultanfelling ved en rekke renseanlegg. (2) (6) (7).

Fellingen er blitt introdusert i forskjellige typer biologiske renseanlegg, biosorpsjonsanlegg, langtidsluftere og ringkanaler, både på kommunale og industrielle avløpsvann.

I Finland bruker man i all vesent-

lighet jernsulfat av samme type som blir brukt ved Asker Batteri som felingsmiddel ved simultanfelling.

Ved de store anlegg doseres jernsulfaten i oppløst form, mens man ved de små anlegg benytter bulkmetoden for dosering. (Dos. 1—2 ggr./døgn.)

Resultatene har vært svært varierende avhengig av type anlegg, doseringsmengde, doseringsmåte og grad av tilsyn. Ved de store konvensjonelle aktivslamanlegg (90 000—100 000 pers.ekv. tilknyttet) har man oppnådd gode renseresultater med 0,6—0,7 mg P/l i utløpet i gjennomsnitt over lengre tid.

I de små kloakkrensaneanlegg kan man vise til både ypperlige (>90 % P-reduksjon) og dårlige resultater m.h.t. fosforfjerning.

Som renseresultatene, m.h.t. organisk og suspendert stoff, er avhengig av godt tilsyn, er også fosforresultatene det, og de dårligste resultater m.h.t. fosforfjerning faller ofte sammen med tilsvarende dårlige resultater m.h.t. BOF<sub>7</sub>-reduksjonen. Dette skulle generelt kunne indikere dårlige driftstekniske og prosessstekniske forhold ved disse anlegg.

Man har ikke i Finland kunnet registrere noen reduksjon i de biologiske anleggenes evne til å fjerne organisk stoff etter at simultanfelling er innført.

I Sverige ble forsøkene med simultanfelling i 1968—69 (3) (4) (5) i all vesentlighet gjennomført med aluminiumsulfat som fellingsmiddel. Forsøk ble gjort både i pilotplant-skala og i full skala. Forsøksresultatene pekte i retning av at man ved

simultanfelling fikk en noe redusert renseseffekt når det gjelder BOF<sub>7</sub> i forhold til konvensjonell aktivslamrensing, og at fosforreduksjonen ikke var så god at man kunne anse det tilfredsstillende.

Den generelle holdning til simultanfelling i Sverige, og dermed også Norge, ble derfor etterhvert at metoden på tross av de lave kostnader forbundet med gjennomføringen, ikke burde bli foretrukket fremfor den dyrere etterfelling som man mente ga sikrere og bedre renseresultater.

Man har imidlertid i løpet av det siste året fått rapportert to forsøk fra Sverige hvor man har gjennomført simultanfelling med jernsulfat som fellingsmiddel. Anleggene var tilknyttet hhv. 1200 og 4 800 pe, og var av typen biosorpsjonsanlegg.

Man oppnådde ved begge disse forsøk fosforkonsentrasjoner i utløpet på < 0,5 mg P/l. Jernsulfaten ble dosert jevnt i oppløst form.

Man kunne dessuten iakttå de forbedrede slamegenskaper som er referert fra Asker Batteri foran.

## KONKLUSJON

Driftserfaringer med simultanfelling de siste årene har vist oss at det ikke kan sies å være direkte prosessstekniske vanskeligheter med gjennomføring av simultanfelling.

Det er blitt rapportert om tilfredsstillende renseresultater ved både store og små anlegg. Både aluminiumsulfat og jernsulfat ser ut til å kunne anvendes som fellingsmiddel.

M.h.t. valg av fellingsmiddel, ser jernsulfat og Al-sulfat ut til å være ganske likeverdige, men kostnads-



messig er jernsulfat i dag mer fordelaktig.

Ved små kloakkrenseanlegg, som vanligvis bare har ettersyn en gang i døgnet, vil bulkmetoden egne seg godt. Ved bulkmetoden doserer man hele døgnrasjonen av fellingsmiddel på en gang, f.eks. ved oppsynsmannens daglige ettersyn.

Ved de større anlegg bør fellingsmidlet doseres kontinuerlig i oppløst form, og doseringsmengden bør styres etter vannmengden.

Man har kunnet registrere store forandringer i slamkarakteristika ved simultanfelling i forhold til vanlig aktivslamdrift. Man kan ved simultanfelling operere med et høyere tørrstoffinnhold på slammet ved et visst slamvolum enn ved vanlig drift (dvs. lavere slamvolumindeks).

Alle forsøk rapporterer om bedre sedimenteringsegenskaper.

De forandrede slamkarakteristika medfører at slamtapping av langtidsluftere ikke behøver å skje vesentlig oftere enn ved normal drift.

Det ble innledningsvis nevnt at man i Norge allerede har en del små biologiske renseanlegg. Ved disse anlegg bør simultanfelling straks kunne introduseres. Benytter man bulkdosering, vil ekstra kostnader stort sett begrense seg til kjemikaliekostnader (ca. 1 øre/pers.døgn ved bruk av jernsulfat).

Ved større eksisterende anlegg bør også simultanfelling være et alternativ.

Ved prosjektering av nyanlegg hvor fosforfjerning er krevet, vil man stå overfor spørsmålet om hvilken

fellingsmetode som er mest hensiktsmessig.

Det er flere faktorer som bør være bestemmende for valget av metode, slike som: overføringsystemets tilstand og type, resipientforhold, muligheten for slambehandling og slamdisponering, graden av tilsyn anlegget kan forventes å få, bygningskostnader og driftskostnader og graden av rensing som anlegget kan forventes å gi.

Som nevnt innledningsvis må man vente at en stor del av de anlegg som kommer til å bli bygd her i landet, vil være små.

Vanligvis vil disse anlegg ha et minimum av tilsyn, og det vil kreves at driftsforholdene m.h.t. renseprosess og slambehandling er enkle.

For fjerning av organisk stoff har de prefabrikerte langtidsluftere og kontaktstabiliseringsanlegg blitt utviklet. Ved disse anlegg får man en vidtgående stabilisering av slammet — noe som fører til et relativt lite slamuttak.

Forsøkene det er redegjort for, har vist at småanleggenes fordeler m.h.t. slambehandling opprettholdes for en stor grad også ved overgang til simultanfelling.

For nye småanlegg vil, etter under- tegnedes mening, derfor fosforfjerning mest hensiktsmessig foretas ved simultanfelling.

Alternativet vil ofte være direktefelling. Ved direktefelling må man ha en stor grad av styring og man må ta slam ut av anlegget hver dag. Dette krever en langt større grad av tilsyn enn det som vil være nødvendig ved simultanfelling.

Direktfellingen kan muligens gi noe bedre og sikrere resultater m.h.t. fosforfjerningen, men simultanfellingen gir vesentlig bedre resultater m.h.t. organisk stoff. Dette er et moment som ofte glemmes i debatten.

Simultanprosessen bør også ved prosjektering av større anlegg vurderes som et alternativ, da den gir et renseresultat som totalt sett (P-reduksjon og BOF<sub>7</sub>-reduksjon sett under ett) er gunstig ut fra et økonomisk synspunkt.

#### LITTERATURLISTE

- (1) Thomas, E. A.: *Phosphatfallung in der Klaranlage von Ulster und Beseitigung des Eisen-Phosphat-Schlammes*. . . Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrgang 111, s. 309—328, Desember 1966.
- (2) Viitasaari, M.: *The use of different methods for the removal of nutrients from sewage*. National Board of Waters, Helsinki 1971.
- (3) Balmer, Blomquist og Lindholm: *Simultanfällning i en högbelastad aktivslamprocess*. Institut for Biokemi och Biokemisk teknologi, KTH Stockholm, Vatten 2, 1968.
- (4) Cronholm, M.: *Fosforreduktion medelst al-sulfat vid Eolshälls Reningsverk*. Stockholms Stads Gatukontor. Vatten 2, 1968.
- (5) Ahlstrand, Flyft och Westberg: *Simultanfällning for fosforreduktion. Provdrift vid Uppsala Reningsverk*. Stadsbyggnad 4. 1969.
- (6) Määttä, R.: *Fosforreduktion i samband med aktivslammetoden*. Sjette nordiske symposiet om vannforskning. Scantion 21—23 april 1970.
- (7) Säärkä, M.: *Praktiska erfarenheter av närsaltreduktion*. Sjette nordiske symposiet om vannforskning, Scantion 21—23 april 1970.