

# Hvordan kan kostnadene ved avløpsrensing reduseres?

Av Hallvard Ødegaard

Hallvard Ødegaard er professor ved Institutt for vassbygging, NTH. Han er siviling., NTH 1969 og dr.ing., NTH 1975.

## Sammendrag

NTNF's Program for VAR-teknikk har som målsetting å utvikle: Effektiv VAR-teknikk til lavest mulig kostnad. I den forbindelse har undertegnede utarbeidet en rapport som heter: Kostnadsminimering ved rensing av avløpsvann. Det er hovedtrekkene fra denne rapporten som blir presentert her. Det pekes på de faktorer som gjør at det synes å koste langt mer å rense 1 m<sup>3</sup> avløpsvann til en bestemt kvalitet i Norge enn i en del andre land. Det vil fremgå at en meget viktig årsak til dette faktum er at vi nesten alltid overbygger våre anlegg. Kostnaden til overbygg og til oppvarming og ventilasjon av overbygget er poster som er store i totalkostnadsbildet.

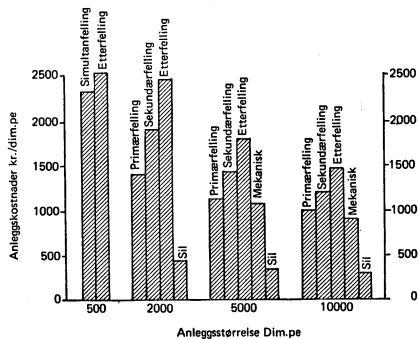
For å få ned kostnaden, peker man i artikkelen på muligheten for å benytte mindre arealkrevende renseprosesser, optimalisere og øke kapasiteten på eksisterende prosesser og å benytte ny teknologi også i energioptimaliseringssammenheng.

## Innledning.

En av de mest spennende publikasjoner om kloakkrensing de senere år her i landet, var rapporten om kostnader ved norske (og andre skandinaviske) kloakkrenseanlegg som NTNF's Utvalg for drift av renseanlegg ga ut /1/.

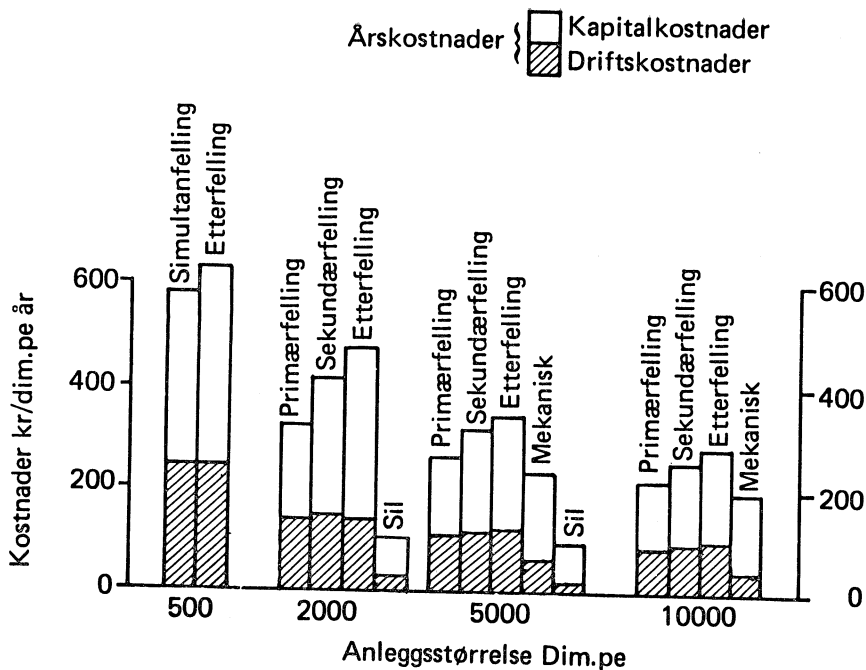
Fig. 1, fig. 2 og fig. 3 som godt avspeiler konklusjonene i rapporten, viser at:

- Det er forbausende liten forskjell i årskostnad og spesielt i driftskostnad mellom de ulike rensemetodene.
- Det er betydelig spredning i anleggskostnaden på anlegg med samme størrelse og samme metode.
- Byggarealet for renseanlegget synes å være langt mer avgjørende for anleggskostnaden enn rensemetoden.
- Kapitalkostnaden ved norske renseanlegg er betydelig høyere enn driftskostnaden.
- Av driftskostnadene utgjør lønnskostnadene desidert mest (35—50%), men også strømavgifter, utgifter til slamtransport og fellingskjemikalier er betydelige.

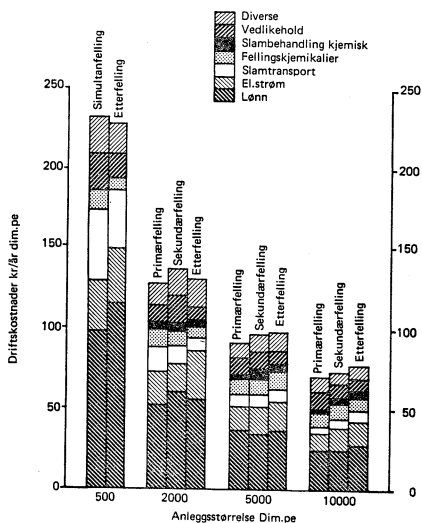


Figur 1.

Anleggskostnader for norske renseanlegg inkl. avgift (1980)/1/.



Figur 2. Kapital- og driftskostnader for norske renseanlegg inkl. avgift (1980) [1/].

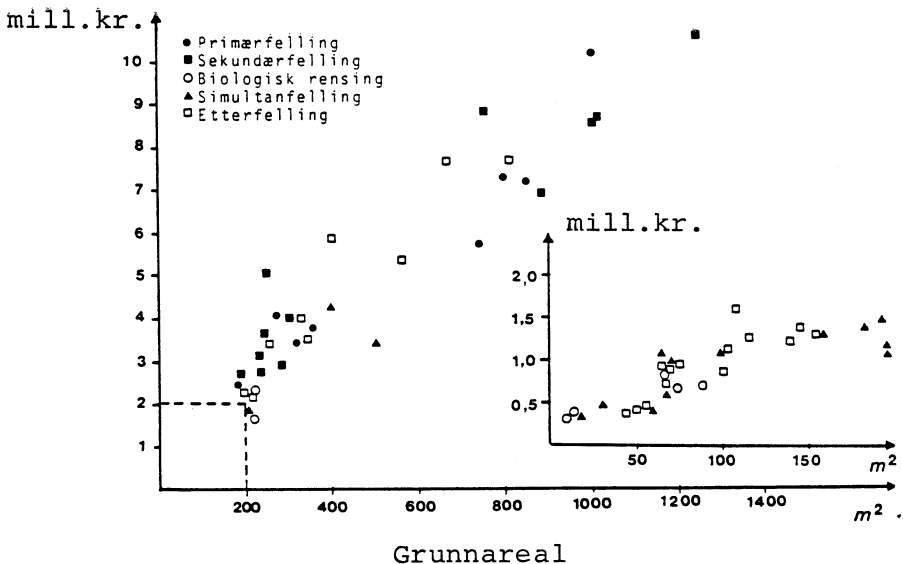


Undersøkelsen viste også at anleggs-kostnader for likeverdige anlegg i de andre skandinaviske land var tildels betydelig lavere. Spesielt oppsiktsvekkende var det at finske anlegg, som det skulle være relevant å sammenligne med, var ca. 40% billigere enn norske.

For å finne ut hvordan kostnadene ved norsk avløpsrensing kan reduseres, bør man, på bakgrunn av den nevnte kostnads-analysen, se nærmere på følgende forhold:

- Byggearealet
- Slamproduksjonen
- Energiforbruket
- Automatiseringsgraden.

Figur 3.  
Fordeling av driftskostnader ved norske renseanlegg (1980) [1/].



Figur 4. Sammenheng mellom anleggskostnad\* og grunnareal ved norske renseanlegg /2/ (\* Ekskl. avgift, rente i byggeperioden og prosjektering).

### Byggearealet

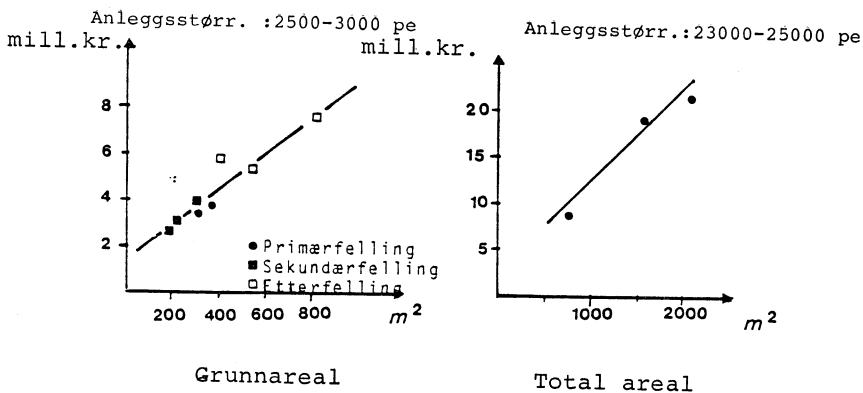
Når man går nærmere inn på datamaterialet for den tidligere nevnte kostnadsanalysen, blir man slått av hvor stor innflytelse størrelsen av selve det bebygde areal har på både anleggskostnad og driftskostnad. Plotter man anleggskostnaden for samtlige anlegg (77 stk.) mot byggearealet, får man en tilnærmet lineær sammenheng uavhengig av renseprosess og kapasitet, se fig. 4.

Fig. 4 er plottet for alle vannmengder, og det er en selvfølge at arealet øker med økende vannmengde. For å skille ut denne effekten har man i fig. 5a plottet 8 anlegg av ulik type og med om lag samme kapasitet (2500—3000 pe) mot grunnareal og i fig. 5b det samme for 3 større primærfellingsanlegg med om lag samme kapasitet (23000—25000 pe). Vi ser at også for anlegg med samme kapasitet, er det en

sterk sammenheng mellom byggeareal og anleggskostnad.

I fig. 6 har man tatt for seg alle primær- og sekundærfellingsanlegg og plottet anleggskostnad pr. person (kr./pe) mot arealforbruket pr. person ( $m^2$ /pe). Det går klart fram at det er en tilnærmet lineær sammenheng mellom den kostnad man får pr. kapasitetsenhet og det grunnareal man gir hver kapasitetsenhet.

Det burde jo egentlig ikke forbause noen at det er en klar sammenheng mellom anleggskostnad og areal her i Norge hvor vi så godt som alltid overbygger våre anlegg. Når vi vet at bygg-andelen utgjør 40—45% av total anleggskostnad, og at byggandelen er tilnærmet proporsjonal både med bassengareal (fordi bassengdybden stort sett er ens) og overbygg, er det rimelig at det er en sterkt sammenheng mellom anleggskostnad og areal.



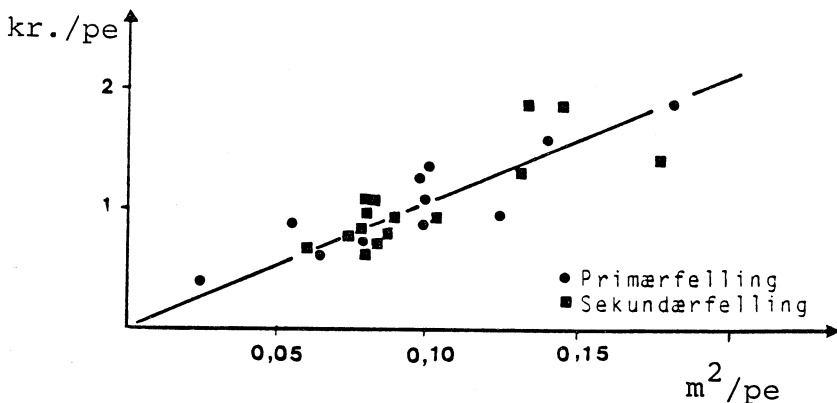
Figur 5. Sammenheng mellom anleggskostnad og grunnareal for anlegg med om lag samme kapasitet. [2/.

Også en vesentlig del av driftskostnaden, nemlig strømforbruket, viser en tilnærmet proporsjonalitet med bebygd areal, se fig. 7.

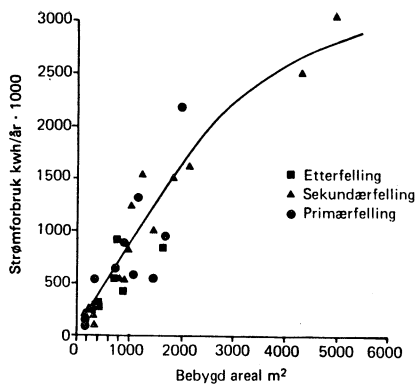
Vi ser atogså for denne posten er arealet av større betydning for strømforbruket enn rensemetoden.

Hva kan vi så gjøre med arealet for å få det lavere pr.  $m^3/h$  vann som skal behandles? Det som først og fremst bestemmer byggearealet for et kloakkrensaneanlegg for en gitt vannmengde er:

- Prosessvalget
- Arealutnyttelsen.



Figur 6. Sammenheng mellom enhetsanleggskostnad (kr/pe) og enhetsareal for primær- og sekundærfellingsanlegg. [2/.



Figur 7.

Strømforbruk som funksjon av bebyggd areal. [1].

#### Prosessvalgets innflytelse på byggearealet

Når det gjelder prosessvalget, er det åpenbart gjennom reduksjon av slamseparasjonsprosessenes arealbehov vi har mest å hente.

Sedimentering er den helt dominerende separasjonsprosess i Norge, på tross av at denne metoden krever størst areal, ca. 1 m<sup>2</sup> for hver m<sup>3</sup>/h som skal behandles. Nedenfor er vist noen andre separasjonsmetoder som kan gjøre den samme eller bedre jobb enn sedimentering når det gjelder å separere partikler.

#### Arealbehov i forhold til sedimentering

Lamellsedimentering	ca. 1:7
Flotasjon	ca. 1:5
Filtrering	ca. 1:5—1:10
Mikrosiling	ca. 1:10

Vi burde etter min mening av denne grunn være langt mer nysgjerrige m.h.t. disse metodene her i landet og sette inn

ressurser for å utvikle de og vinne erfaringer med de.

Når det gjelder de biologiske metodene, har utviklingen gått i retning av biofilmsystemer hvor man p.g.a. det store biofilterarealet får lang slamalder på tross av høy volumbelastning (kg BOF/m<sup>3</sup> · d). De minst arealkrevende av disse biofilmprosessene er de som er basert på fluidized bed.

Ved Vannrensgruppen, SINTEF/NTH, har vi i de senere år arbeidet med en alternativ utforming, nemlig dykket biologisk filter. Arealbehovet for denne metoden er bare 1/4—1/6 av arealbehovet ved aktivslamanlegg.

Fosforfjerning skjer normalt ved felling, flokkulering og sedimentering. Spesielt i etterfellingsanlegg bruker vi et meget stort areal for å fjerne en relativt liten stoffmengde. Skal vi få ned kostnaden for fosforfjerning, er det to mulige veier å gå, nemlig:

- Fosforfjerning basert på kjemisk felling integrert i andre prosesser.
- Alternative fosforfjerningsmetoder.

Ut fra en arealbetraktning er etterfelling lite heldig, og det er nærmest forunderlig at man ikke i større grad har satsset på forfelling (eventuelt med to-steps felling) her i landet.

I et land som Norge, hvor vi er så opp-tatt av fosforfjerning og hvor vi samtidig overbygger anleggene, burde vi være på søken etter en arealgjerrig fosforfjerningsmetode med lav slamproduksjon. Vannrensgruppen SINTEF/NTH har nå i flere år arbeidet med det teoretiske grunnlaget for adsorpsjon av fosfat på aktivert aluminiumoksyd. Dette er en fosforfjerningsprosess som krever lite areal (ca. 0.1 m<sup>2</sup> pr. m<sup>3</sup>/h mot  $\geq 1$  m<sup>2</sup> pr. m<sup>3</sup>/h for kje-

misk felling), og som ikke produserer slam, men en ren løsning av fosfat som felt med kalk gir et helt rent kalsiumfosfat.

I Japan og Nederland arbeides det med en annen arealeffektiv fosforfjerningsmetode, basert på krystallisasjon av kalsiumfosfat, en metode som heller ikke produserer slam, men et rent gjødselprodukt.

Den største interessen er imidlertid internasjonalt knyttet til metoder for biologisk fosfor-fjerning. Til og med i vårt naboland, Danmark, er det nå flere anlegg for biologisk fosfor-fjerning enn kjemisk.

#### *Arealutnyttelsens innflytelse på byggearealet*

Det har etter hvert opparbeidet seg to holdninger vedrørende arealutnyttelsen som synes å være svært fastlåste, og som i meget vesentlig grad er med å forårsake arealkrevende rensenanlegg og dyre bygg, nemlig:

- at alle bassengoverflater skal være åpne slik at man ser hva som skjer, og at det blir lett å holde rent
- at kloakkrensplanlegg i Norge skal være fullstendig overbygde.

På det første punktet er det noen konstruktører som er på gli, men det er et faktum at det er en rekke arealkrevende bassenger (slamstabilisering, sedimentering osv.) hvor man snarere hadde fått mindre tilsyn ved å lukke dem og dermed gjøre arealet tilgjengelig for andre formål. En lukking av bassenger vil også kunne være velbegrunnet ut fra et energioptimaliserings synspunkt.

Det at rensplanlegg her i landet skal være fullstendig overbygget for å være fullverdig, er nok den enkeltfaktor som i

størst grad bidrar til kostnadsforskjellen mellom anlegg i Norge og i Finland f.eks., hvor det er vanligst at anleggene ikke overbygges på tross av at de klimatiske forhold neppe er bedre enn i Norge. Nå vil ikke jeg stå fram som advokat for uoverbygde anlegg, men det må slås fast at overbyggingene er en viss form for luksus i og med at overbygget i seg selv ikke kan forsvares ut fra prosessmessige betraktninger.

Er man opptatt av kostnadene, bør man i alle fall ved større anlegg analysere hva man kan vinne ved å la være å bygge over de deler av anlegget hvor operatørene sjelden oppholder seg (sedimenteringsbassenger, fortykkere, luftebassenger osv.).

Det hevdes noen ganger at man bygger over for å redusere luktspredning, men et overbygg konsentrerer jo gassutslippet noe som da forutsetter ytterligere kostnader for luktfjerning for å redusere lukttulempene i nærbebyggelsen.

På de mindre anleggene synes det som om det er en annen form for unødige luksus (les: mer eller mindre bortkastede penger) som har etablert seg som normal, nemlig en service-del som langt overgår det som bruken skulle tilsi. Utallige er de anleggene man har vært innom hvor dusjen (og til og med badstua), spiserommet, laboratoriet og hva nå de heter alle disse rommene, er preget av nedstøving og mangel på bruk.

I et anlegg som besøkes et par ganger i uken eller en gang om dagen, etablerer operatørene sjelden rensplanlegget som sin permanente arbeidsplass. Var jeg driftsoperatør, ville jeg i alle fall, heller spise matpakka mi sammen med arbeidskameratene ved teknisk etat, enn alene i et rensplanlegg hvor appetitten neppe ville være den beste.

## Slamproduksjonen

I tillegg til byggearealet, vil slamproduksjonen ha innflytelse på anleggskostnaden og spesielt på driftskostnaden. Jo mer slam, jo:

- større prosessareal for slambehandling
- større maskinelt utstyr for slambehandling
- større slamtransportkostnad.

Det er altså åpenbart at mindre slamproduksjon vil gi lavere kostnader.

I denne sammenheng er det slamvolumproduksjonen ( $m^3/d$ ) som er interessant. Ser vi bort fra mekanisk slam som vi egentlig ikke kan påvinke mengden av, er det kjemisk slam som representerer den største slammengden. Produksjonen av kjemisk slam er lineært med doseringsmengden. Tiltak for å redusere doseringsmengden vil altså føre til redusert slammengde.

Produksjonen av biologisk slam er avhengig av den organiske belastning. Vi bør søke mot lavbelastede anlegg med lavt arealbehov (f.eks. dykkede filtre) som gir lav slamproduksjon.

Virkelig betydelig reduksjon i slamproduksjonen får vi imidlertid dersom vi kan utvikle og ta i bruk alternative fosforfjerningsmetoder.

## Energiforbruket

Kostnadene til energi er direkte proporsjonalt med energiforbruket, som kan deles i to:

- a. Energiforbruket til prosessene.
- b. Energiforbruket til oppvarming og ventilasjon.

Ser vi tilbake på fig. 7, vil man kanskje bli overrasket over at anlegg med biologisk

rensetrinn (aktivslam) ikke har vesentlig høyere energiforbruk enn anlegg uten aktivslamtrinn. Årsaken til dette er at energiforbruket til aktivslamprosessen utgjør grovt regnet bare 10% av totalforbruket. Den desiderte største andel av energiforbruket ved norske renseanlegg går i dag til oppvarming og ventilasjon.

Det er altså her vi først og fremst må sette inn tiltak for å få kostnadene ned, og vi har allerede sett at noe av det mest effektive vi kan gjøre, er å redusere byggearealet, og med det det byggevolum som skal varmes og ventileres.

Energiforbruket kan også reduseres vesentlig (i størrelsesorden 50%) ved installasjon av varmegjenvinnere for ventilasjonsluften. For større anlegg er det også i høy grad lønnsomt å installere varmpumpe for utnyttelse av avløpsvannets energiinnhold. Lønnsomheten ved installasjon av varmegjenvinnere og varmpumpe (større anlegg) er så god at utstyret vil være nedbetalt i løpet av et fåtall år. Det er også klart at man ved mer oppmerksomhet vendt mot energiøkonomisering ved oppvarming og ventilasjon vil kunne spare betydelig med energi.

Det som er nevnt foran, bør gjøre at vi ikke overdriver sparing av energiforbruket til prosessene. Det kan f.eks. hevdes at flotasjon gir større energiforbruk enn sedimentering, men når man ser på arealet som kan spares, er det all grunn til å tro at flotasjon blir totalt sett billigere.

Jo større anleggene er, jo større vekt får energiforbruket til prosessene. I denne forbindelse skal her nevnes spesielt et prosessvalg som er av den aller største betydning for det totale energiforbruk — nemlig anaerob stabilisering av slam.

Anaerob stabilisering har aldri fått noe fotfeste i Norge. En av de årsakene til dette, er sannsynligvis at vi er for lite

energibevisste. I resten av Europa er det fornyet interesse for prosessen, spesielt for energigjenvinning. Ja, ved flere anlegg blir ikke råtnetanker bygget ut fra et ønske om stabilisering, men ut fra et ønske om energigjenvinning. Det er nå kommet dit at man anbefaler minst mulig biologisk nedbrytning av slammet (f.eks. forfelling) før anaerob stabilisering for å få mest mulig energi ut av slammet.

Det skjer en betydelig teknologiutvikling på dette området med mer høybelastede reaktorer og mer effektive systemer. Nedre grense for når det lønner seg å benytte anaerob stabilisering har stadig sunket. I England produseres nå prefabrikerte råtnetanker for noen få tusen personer tilknyttet.

Det er min oppfatning at vi bør følge denne utviklingen nøye. I fremtiden kan spørsmålet bli om vi har råd til å la være å ta ut den energiressurs som biomassen fra anaerob utrånning av slam representerer.

### **Automatiseringsgraden**

I disse arbeidsløshetsstider, er det kanskje ikke så populært å trekke det frem, men det er et faktum at lønnskostnadene utgjør den desidert største andelen av driftskostnaden, fra over 50% ved de minste anlegg til ca. 35% ved de største.

Større grad av automatisering vil kunne redusere lønnskostnadene, men også føre til redusert kjemikalieforbruk og redusert energiforbruk ved bedre styring av luftforbruk, oppvarming og ventilasjon.

Det er ingen tvil om at man som i annen prosessindustri, også på kloakkrensingsanlegg vil kunne oppnå store besparelser ved større automatiseringsgrad.

### **Oppsummering**

Det er i det foregående vist at det er en rekke tiltak som kan settes inn for å få ned prisen på kloakkrensing. Ut fra svært mange synsvinkler synes det som om reduksjon av byggearealet er den enkeltfaktor som vil ha størst innflytelse både på anleggskostnad og driftskostnad.

Man bør derfor arbeide videre med å utvikle arealgjerrige rensemetoder, dersom man ønsker å holde fast ved at anleggene skal overbygges.

Kan det aksepteres at deler av anleggene kan være uoverbygde, vil fortsatt arealkrevende prosesser, som sedimentering, kunne bli det billigste.

Man bør gå inn for belastningssituasjoner og prosessvalg som minimaliserer slamvolumproduksjonen.

Energiforbruket reduseres først og fremst ved å redusere det overbygde areal.

Økt automatiseringsgrad kan redusere driftskostnadene.

Det kan synes som om hensynet til å produsere et reneest mulig avløpsvann til lavest mulig kostnad har kommet i annen rekke i forhold til hensynet til anleggene som arbeidsplass. Disse to hensyn bør ikke bli satt opp mot hverandre. Likevel er det åpenbart at det er store muligheter for kostnadsbesparelser i norsk avløpsrensing.

### **LITTERATUR**

- /1/ Johansen, O. J.: «Driftskostnader ved kloakkrensingsanlegg». Prosjektrapport nr. 35, NTNF's Utvalg for drift av renseanlegg, 1982.
- /2/ Ødegaard, H.: Kostnadsminimering ved rensing av avløpsvann. Prosjektrapport 27/85, NTNF's Program for VAR-teknikk, juni 1985.