



# LUND UNIVERSITY

## Instrumentation and Control of Wastewater Treatment Plants in the USA

Olsson, Gustaf

1978

*Document Version:*

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Olsson, G. (1978). *Instrumentation and Control of Wastewater Treatment Plants in the USA*. (Technical Reports TFRT-7136). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology, Lund University.

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

INSTRUMENTATION AND CONTROL OF WASTE -  
WATER TREATMENT PLANTS IN THE USA

GUSTAF OLSSON

Department of Automatic Control  
Lund Institute of Technology  
March 1978

Dokumentutgivare

~~06T0~~ Institute of Technology  
Handläggare Department of Automatic Control  
~~06T0~~ Gustaf Olsson

Författare

~~06T0~~ Gustaf Olsson

Dokumentnamn

~~06T0~~ REPORT LUTFD2/TFRT-7136)/1-13/(1978)

Utgivningsdatum

~~06T0~~ March 1978

Dokumentbeteckning

~~06T0~~

Ärendebeteckning

~~06T0~~ 06T6

10T4

Dokumenttitel och undertitel

~~18T0~~  
Instrumentation and control of wastewater treatment plants in the USA  
(Instrumentering och reglering i reningsverk i USA)

Referat (sammandrag)

~~18T0~~  
The report is a short survey of instrumentation and control in wastewater treatment plants in the USA. Primarily biological and chemical wastewater treatment is considered. The report is based partly on personal experiences from the USA, partly on literature studies.

Referat skrivet av

~~44T0~~ author

Förslag till ytterligare nyckelord

~~44T0~~

Klassifikationssystem och -klass(er)

~~50T0~~

Indextermer (ange källa)

~~52T0~~

Omfång

~~13~~ pages

Språk

~~Swedish~~

Övriga bibliografiska uppgifter

~~56T2~~

Sekretessuppgifter

~~60T0~~

ISSN

~~60T4~~

ISBN

~~60T6~~

Dokumentet kan erhållas från

Department of Automatic Control  
Lund Institute of Technology  
P O Box 725, S-220 07 LUND 7, Sweden

Mottagarens uppgifter

~~62T4~~

Pris

~~66T0~~

# INSTRUMENTERING OCH REGLERING I RENINGSVERK I USA

Gustaf Olsson

## SAMMANFATTNING

Rapporten utgör en uppsummering av instrumentering och reglering för reningsverk i USA. Främst presenteras biologisk och kemisk rening. Rapporten baseras på dels personliga erfarenheter från forskning och studieresor i USA, dels på rapporter från olika litteraturkällor.

## INNEHÅLL

1. Inledning
2. Fältstudier om instrumentering
3. Underhåll av instrument
4. Driftserfarenheter om processinstrumentering
5. Instrumenterfarenheter från enskilda verk
6. Rekommendationer och önskemål
7. Referenser

## 1. INLEDNING

I reningsverk har länge förekommit viss typ av instrumentering och reglering. Detta är emellertid mest fråga om instrument för fysikaliska parametrar av typen flöde och nivåer o.d. samt konventionell reglering av lokala parametrar. Det finns nu ett växande intresse för reglering av hela enhetsprocesser. Detta kräver instrumentering för mätning av vattenkvalitet i olika avseenden. Det kräver dessutom en bättre kännedom om processdynamik samt av de kriterier man verkligen eftersträvar i regleringen. Processreglering med denna inriktning är fortfarande sparsamt förekommande, men man kan konstatera ett snabbt växande intresse för området.

Intresset har markerats på flera sätt, bl.a. genom ett antal specialkonferenser för instrumentering och reglering. IAWPR höll sin första sådan konferens i London 1973 (1), och den andra 1977 i London och Stockholm (2). Ett specialsymposium arrangerat i samarbete mellan EPA i USA och Clemson University år 1974 (3) bör också noteras. Vid detta diskuterades forsknings- och utvecklingsbehov inom reningstekniken för de närmaste åren. Tonvikten var lagd på dynamiska modeller, instrumentering och reglering.

Avsikten med föreliggande rapport är att sammanfatta dels personliga intryck från längre eller kortare vistelser i USA, dels som gästforskare, dels genom studie- och konferensresor där.

I avsnitt 2 göres en sammanfattning av fältstudier man gjort över instrumentering i ett antal reningsverk i USA. Avsnitt 3 ger en beskrivning av erfarenheter av speciellt underhåll, pålitlighet och livslängd för de vanligaste processinstrumenten. Avsnitt 4 är en sammanfattning av några personliga erfarenheter av några specifika reningsverk, vilka kan vara av intresse.

## 2. FÄLTSTUDIER OM INSTRUMENTERING

I ref (4) har man gjort en översikt över 50 reningsverk. Nästan hälften av instrumentering är konventionella instrument för mätning av flöden och nivåer. Analytisk instrumentering svarar för omkring en fjärdedel av de använda instrumenten. Mekaniska don som mäter position, hastighet och vikt svarar för resten i de observerade anläggningarna.

Följande instrument kan sägas vara tillräckligt pålitliga och kommersiellt tillgängliga:

-nivå	-konduktivitet
-flöde	-regnmängd
-temperatur	-turbiditet
-tryck	-pH
-hastighet	-överskottsklor
-vikt	-fri klorgas
-position	-eldfarlig gas

Ett antal andra instrument finnes kommersiellt tillgängliga och använder väletablerade principer för mätning i avloppsvatten. Underhållskostnaden måste dock beaktas noga. Bland dessa räknas mätningar av slamtäthet, slamnivå, on-line respirometrar, prober för löst syre, automatiska samplingssystem. Det råder dock delade meningar om underhållsbesvären. Många anser syremätare och slamhaltsmätare mycket pålitliga och underhållsbesvären ringa, under förutsättning att rengöring och kalibrering sker reglebundet. (se (5))

Allmänt kan konstateras att avloppsvattenreningsverk använder mindre instrumentering än renvattenverk och övrig kemisk processindustri. Man räknar med att i medeltal användes för en anläggning med biologisk rening ca 3 % av konstruktionskostnaden för instrumentering. Motsvarande siffror för renvattenverk och kemisk processindustri brukar ligga på 6 och 8 % respektive.

Den främsta orsaken till bristen på instrumentering i reningsverk uppger man vara otillfredsställande egenskaper hos instrument eller analytiska instrument. Eftersom de flesta instrument är i direktkontakt med avloppsvatten eller slam kräver de ett intensivt underhåll och en god rengöring regelbundet.

Erfarenheterna av on-line mätning av organiskt innehåll (TOC, TOD, COD eller respirometrar) är blandade. Uppfattningen är att instrumenten kräver stor kompetens för sin skötsel. Där sådan finnes fungerar instrumenten bra. I de flesta anläggningar finnes dock ej sådan personal, varför man är hittills tveksam att införa instrumenten i större utsträckning på många normala verk.

Automatisk reglering är fortfarande ganska ovanlig, trots att den visat sig lönsam, där man installerat den. Man räknar då att en utrustning är lönsam, om den kan betala sig på 2.5 år eller mindre.

I översikten på 50 anläggningar (4) visade det sig att automatisk kemikaliedosering, reglering av överskottsklor och rötkammartemperaturreglering användes endast av en tredjedel av de undersökta verken. Vid dessa verk ansåg driftcheferna regleringen vara lönsam. Man t.ex. sparade kemikalier eller energi eller förbättrade driften i stort.

På stora anläggningar i USA verkar centraliserad instrumentering och reglering vara det vanliga. Ungefär 20 % av de undersökta anläggningarna hade datorer för datainsamling. Dock hade endast 10 % automatisk syrehaltsreglering! Direkt digital reglering (DDC) är inte ännu etablerad i avloppsreningsverk. Gävle är ett av de få exemplen ännu, (se (6)).

### 3. UNDERHÅLL AV INSTRUMENT

Från undersökningen (4) kan man få viss erfarenhet av underhållskostnaderna för ett antal instrument. Tabell 1 visar en sammanställning på erfarenheter av ett antal konventionella instrument i reningsverk. Allmänt kan man dra slutsatsen, att instrumenten kräver mer underhåll än i motsvarande kemisk processindustri. Man fann i

undersökningen, att de flesta anläggningarna försåg instrumenteringen med kanske 90 % av de behövliga resurserna för underhåll. De flesta anläggningarna verkar ha en kvalificerad stab för instrumentunderhåll av de undersökta instrumenten. Man skall dock ha i minnet att kvalificerade analysinstrument (COD, TOC etc) i allmänhet kräver mer kvalificerad personal än den som f.n. finnes vid de flesta verk.

Allmänt kan man konstatera att analysinstrument kräver stort underhåll, medan erfarenheter om felfrekvens tycks variera kraftigt mellan olika verk.

VARIABLE	INSTRUMENT	APPLICATION	TYPICAL COST	TYPICAL MAINTENANCE			RELAB. (MTBF)	TYPICAL USE
				FRQ/YR.	MH/YR. STP IND			
LEVEL	Bubbler	Tanks & Wet Wells	\$200	12	8	4	1-2 yrs.	5-15 yrs.
	d/p Trans.	Digesters & Sludge	700	0.6	5	5	1-5 yrs.	5-15 yrs.
	Float & Cable	Tanks & Wet Wells	400	24	60	5	.2-2 yrs.	2-20 yrs.
	Optical	Sludge Blanket	1K	—	—	—	.1-5 yrs.	2-8 yrs.
FLOW	Flume & Weir	Major Flows	2K+	1.4	2	—	.5-5 yrs.	5-30 yrs.
	Venturi, etc.	Air and liquids	800+	4	20	6**	2 mo.-5 yrs.	5-30 yrs.
	Propellers	Clean liquids	1K+	7	10	10	1 mo.-1 yr.	1-8 yrs.
	Pos. Displace.	Gases	500+	2*	80*	10	1 mo.-1 yr.	1-5 yrs.
	Magnetic	Liq. and Sludge	2K+	12	12	8	.5-10 yrs.	5-20 yrs.
	DENSITY	Nuclear	Med. & Thick Sludge	5K	48	51	40	1-3 yrs.
Mechanical		Med. & Thick Sludge	—	Excessive			1-6 mos.	2 yrs.
ANALYSIS	pH and ORP	Aqueous Liquids	2K	300	50	29	1-4 mos.	.5-5 yrs.
	Dissolved O <sub>2</sub>	Aqueous Liquids	2K	100	60	—	1-9 mos.	.1-5 yrs.
	Res. Chlor.	Aqueous Liquids	5K	365	140	—	.2-1 yr.	4 yrs.
	Turbidity	Fairly Clean Liquid	3K	—	—	—	1-6 mos.	4 yrs.
	Conduct.	Aqueous Liquids	1K	200	60	—	1-4 mos.	4 yrs.
	Chlorine Gas	Airspace	3K	24	50*	—	.5-1 yr.	8 yrs.
	Explosive Gas	Airspace	3K	12	12+	50	.2-1 yr.	8 yrs.
	BOD, TOC, etc.	Wastewater	—	Excessive			.1-1 mo.	.3-1 yr.
	MISC.	Temp.	All	300	1*	8*	4	.5-2 yrs.
Press.		All	200	5	4	4	.1-5 yrs.	5 yrs.
Speed		Engines, etc.	—	—	—	—	.6-5 yrs.	5 yrs.
Weight		Sludge or Cl <sub>2</sub>	2K	24*	60*	—	.6-2 yrs.	10 yrs.
Position		Sloice Gates	1K	18*	30*	—	.1-1 yr.	1 yr.
Sampling		Liquid Streams	4K	0.5	20	—	.1-1 yr.	4 yrs.
Rainfall		Storm Waters	500	24*	50*	—	1-5 yrs.	12 yrs.
CONTROL		Level	Wells & Basins					NOTE: STP = TREATMENT PLANT IND = INDUSTRIAL, SEE TEXT
	Flow	All Fluids						
	Sludge	Sludge Separation						
	Air Flow	Aeration						
	Dosage							
	Res. Chlorine	Chlorination						
	DO	Aeration						

\* Estimated

\*\* d/p Converter only

Tabell 1. - Driftserfarenheter av instrument.

Källa, ref (4).



En annan översikt över förväntat underhåll av instrument ges i tabell 2. Tabellen visar uppskattade kostnader, men baserar sig på faktiska erfarenheter i kommunala reningsverk och i industriella processer, se ref (7) och (8).

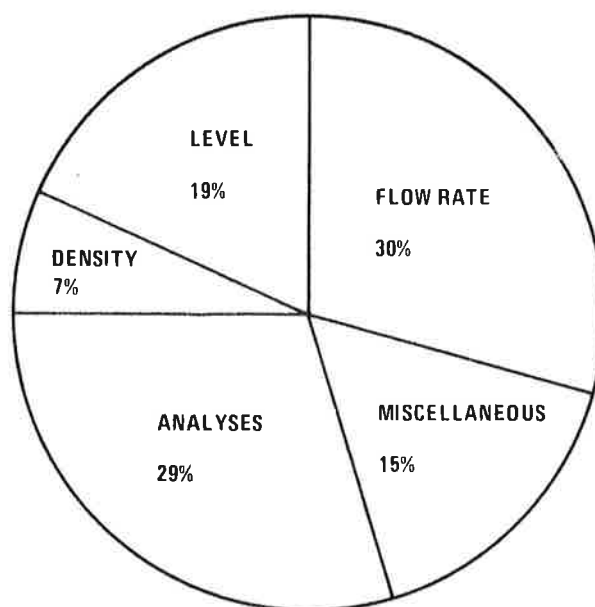
Instrument Type	Maintenance (hours/year)	Lifespan* (years)	Instrument Type	Maintenance (hours/year)	Lifespan* (years)
Panel-mounted devices			Residual chlorine	140	5
Annunciators	2	15	Respirometer, BOD	150	5
Controllers	8	10	Turbidity	60	10
Converters	10	10	UV	60	5
Indicators	4	15	Sensors		
Programmers	20	5	Magnetic	12	15
Recorders	8	10	Orifice	5	15
Switches	2	15	Position (displaced gas)	50	5
Final control elements			Position (displaced liquid)	12	10
Position (control valves)	12	10	Propellers	10	10
On-off valves, pumps	4	15	Venturi	20	15
Variable-speed feeders, pumps	16	10	Weir, flume	2	15
Transmitters			Level		
Flow	8	15	Bubbler	8	15
Level	6	15	Capacitance	6	10
Others	10	10	d/p	5	15
Pressure	4	15	Float and cable	60	15
Temperature	6	15	Nuclear	10	10
Analyzers			Pressure		
CH <sub>4</sub>	50	5	Bourdon	2	15
Chromatograph	150	5	d/p	4	15
COD, TOC, TC	150	5	Temperature		
Combustibles	25	5	Bimetallic	4	15
Conductivity	60	10	Filled	6	10
CO <sub>2</sub>	25	10	TC, RTD	8	15
DO	60	5	Weighing systems	60	10
NDIR	75	5	Position (sluice gates)	30	5
Nuclear sludge density	50	10	Speed	10	5
O <sub>2</sub> in gas	40	5			
pH and ORP	50	5			
Phosphate	150	5			
Refractive index	40	5			

\*5 means 0 to 5, 10 means 5 to 15, and 15 implies 15 or more.

Tabell 2. - Förväntade livslängder och underhållskostnader för vissa instrumenttyper. Källa, ref (4).

#### 4. DRIFTSERFARENHETER AV PROCESSINSTRUMENTERING

En grafisk representation av de typer av instrumentering som förekommer på amerikanska reningsverk ges i figur 1.

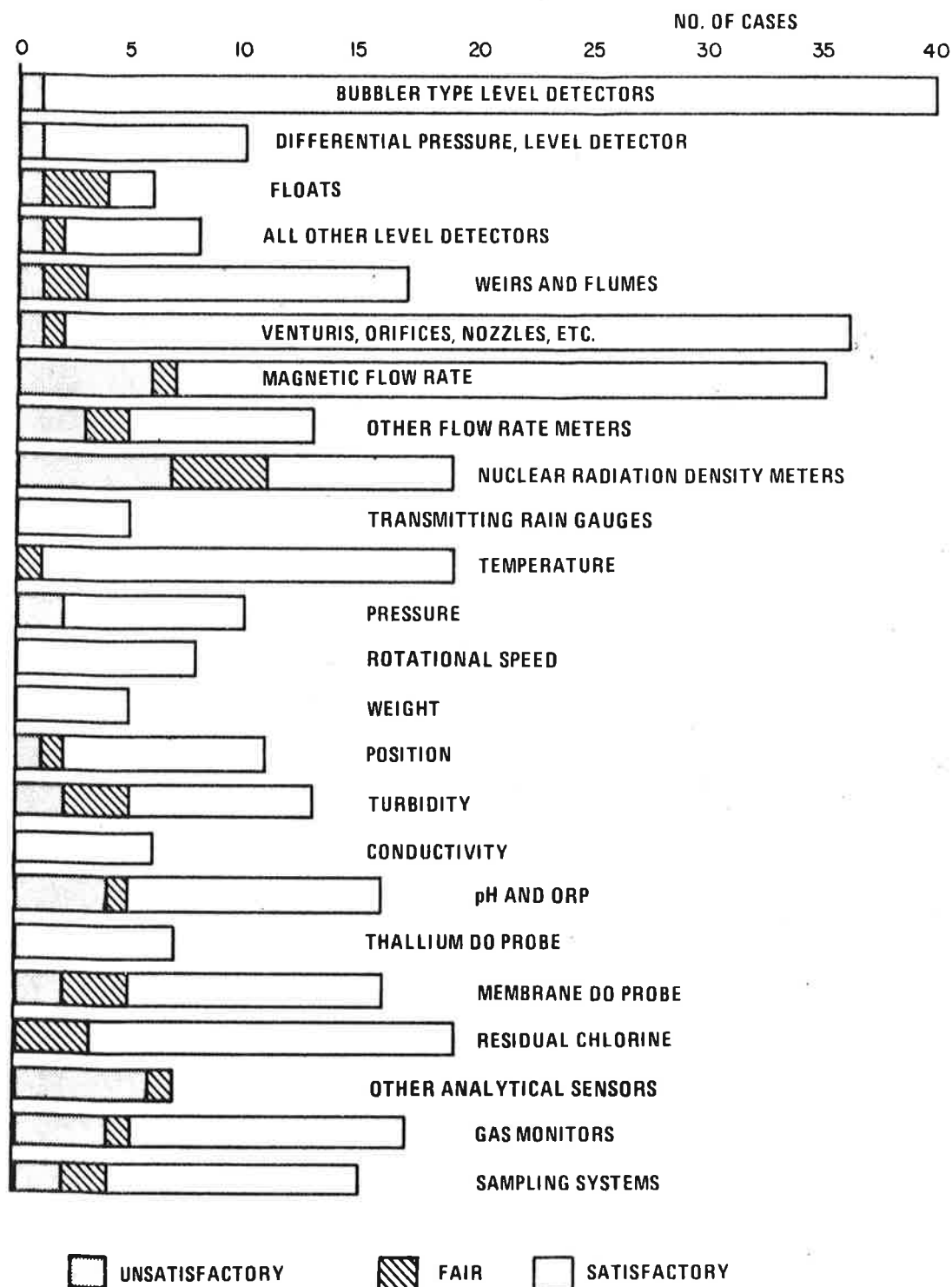


Figur 1. - Fördelningen av processinstrument (ej laboratorieinstrument).  
Källa, ref (4).

Figuren visar, att mätningar av flöden och nivåer svarar för nästan hälften av all instrumentering. Analytiska instrument svarar för ungefär en fjärdedel medan fysikaliska mätningar av typen position, hastighet, massa m.m. svarar för ungefär 15 % tillsammans.

Figur 2 visar en översikt över de erfarenheter som redovisats från 50 reningsverk. Baserat på detta kan man dra slutsatsen att följande storheter kan mätas med god pålitlighet och måttlig insats av underhåll: nivåer, flöden, temperatur, tryck, massa, position, konduktivitet, regnmängd, turbiditet, pH, överskottsklor, fri klorgas och eldfarliga gaser. I Palo Alto har man redovisat goda erfarenheter av slamhaltsmätare, ref (5).

Man kan konstatera, att bland de "lätta" mätningarna förekommer inga analyser. Väsentliga processtekniska variabler av typen organiskt innehåll, (COD, TOC etc), löst syre, slamhalt, slamnivå anses på många håll svåra. Visserligen finns instrument som fungerar tillfredsställande, men man anser sig inte ha tillräckligt kvalificerad personal för att klara instrumenten på ett tillfredsställande sätt.



Figur 2.- Driftserfarenheter av processinstrumentering.

Källa, ref. (4)

## 5. INSTRUMENTERFARENHETER FRÅN ENSKILDA VERK

Hittills har ingen rapporterat automatisk reglering baserad på mätningar av COD eller TOC. Man har dock en lång erfarenhet av automatiska mätningar av TOC och slamhalt vid Blue Plains experimentanläggning i Washington DC (Denna är nu nedlagd, men en del av verksamheten har flyttats över till Cincinnati, Ohio). Man provade speciellt Dohrmann-Envirotech TOC analysator och slamhaltmätare från Biospherics och erhöll goda resultat.

EPA har haft ett projekt tillsammans med Systems Control Inc. som gått ut på reglering av en aktivslamanläggning i Palo Alto, Calif. Erfarenheterna finns summerade i ref (5). Där provade man bl.a. slamhaltsmätare från Biospherics och Keene och erhöll tillfredsställande resultat. Man reglerade bl.a. slamhalten i luftningsbassängerna. Datorn har nu tagits ifrån anläggningen, varför regleringen inte fortsatt.

En intressant anläggning vad beträffar instrumentering och speciellt automatisk sampling utgör John Egan plant i Chicago. Laboratoriet är mycket rikt utrustat med allehanda analysinstrument. Vid luftningsbassängerna har man permanenta uttag för automatisk sampling för slamhaltsmätning längs bassängerna. Vidare förekommer syrehaltsmätning i tre punkter längs varje bassäng, se ref (9) och (10).

En mycket ambitiös satsning på reglering av reningsverk göres av Sparling Division of Envirotech i El Monte, Californien. Under ledning av Dr Charles H. Wells har man hittills konstruerat en mätbuss med samplingsinstrument, sensorer, analysinstrument samt processdatorutrustning. Denna håller man på att placera vid ett reningsverk i Maryland. Först skall avancerad reglering av aktivslamanläggningen utprovas. Bl.a. skall TOC-mätningar utnyttjas för framkoppling av reglering för F/M. I luftningsbassängen förekommer sedan syrehaltsmätningar på flera ställen, slamhalt, buffertkapacitetsberäkningar för eftersedimenteringen, slamnivåmätningar bl.a. Man reglerar på både luftmängd, returslamflöde samt överskottsslamflöde. Några driftserfarenheter har ännu ej hunnit publiceras.

I en annan undersökning har man fått mycket positiva erfarenheter av TOC-mätare, ref (11). Man använde Dohrmann-Envirotech TOC analysator och ansåg den vara ett pålitligt instrument. Så mycket som 10 olika individer använde analysatorn för upp till 135 analyser per vecka. Daglig kalibrering krävde ca 20 minuter. Gas och kemikalier kostade ca 3 dollar per dag. Det bör betonas att denna TOC-mätare inte var inkopplad on-line i en reglerkrets.

## 6. REKOMMENDATIONER OCH ÖNSKEMÅL

Vid det omnämnda symposiet i Clemson, där jag kunde deltaga, gjordes ett antal rekommendationer i arbetsgrupper.

### Instrumentering

På instrumenteringssidan kan nämnas följande behov av primära sensorer. Senare erfarenheter kan sägas enbart bekräfta dessa behov. Många av mätarna existerar redan kommersiellt men man anser pålitligheten otillräcklig.

- (1) En pålitlig slamnivåmätare, som åtminstone täcker ett område av omkring 1,5 m i höjddled.
- (2) En automatisk mätare för sedimenterbarhet, vilken vore mycket användbar för reglerändamål
- (3) Mätning av respiration kombinerat med slamhalt, vilket ger specifika syreupptagningen.
- (4) Pålitliga slamhaltsmätare för område 0 - 5000 samt 4000 - 20 000 mg/l.
- (5) On-line TOC mätare
- (6) On-line analysatorer för ammoniumkväve, nitrat och fosfor

Beträffande respiration kan påpekas att den kan mätas med vanliga syrehaltsmätare i kombination med datorberäkningar. Detta finnes redan genomfört vid en anläggning i Sverige, i Gävle, se ref (6). Såvitt bekant är, förekommer ingen liknande installation.

### Reglering

De kostnads/effektivitets analyser som har gjorts visar, att reglering är lönsam, också i små verk ( $0.04 - 0.2 \text{ m}^3/\text{sek}$ ). Så snart avloppsnäten är relativt små, så blir ju störningar desto kraftigare, och behovet av reglering därmed större. Exempel på sådana enhetsprocesser man betraktar som potentiellt lönsamma för reglering i USA är

- syrerreglering i luftningsbassänger
- fosforfällning
- pH justering
- desinfektion
- rötkammare

Det föreligger trots allt alltför litet material som på ett tillfredsställande sätt redovisar grundläggande vinster med reglering i olika enhetsprocesser. Man satsar på många ställen medel för att bättre förstå fundamentala dynamiska samband i reningsverk. Det gäller att dels arbeta fram grundläggande förståelse för dynamiska modeller, dels göra fältmätningar vilka kan verifiera eller förbättra modellerna. När väl en förståelse har förbättrats kan man på allvar utvärdera vilka typer av reglering som lönar sig, vilka kriterier som skall användas och vilka typer av instrument som bäst kan tjäna regleringen.