



LUND UNIVERSITY

Visit to the USA : 20 september - 5 October, 1974

Olsson, Gustaf

1975

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Olsson, G. (1975). *Visit to the USA : 20 september - 5 October, 1974*. (Travel Reports TFRT-8018). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

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

VISIT TO THE USA - 20 September -
5 October, 1974.

G. OLSSON

Report 7522(C) June 1975
Department of Automatic Control
Lund Institute of Technology

VISIT TO THE USA - 20 September - 5 October, 1974.

G. Olsson

ABSTRACT.

The main purpose of the visit was to participate in a workshop on Research needs for Automation of Wastewater Treatment Systems, arranged at Clemson University, Clemson, South Carolina. In connection with the workshop some different Universities and Research Institutions were visited. Mainly control problems in wastewater treatment has been discussed.

I n n e h å l l

Sid.

1. Sammanfattande intryck	1
2. Research needs for automation of wastewater treatment systems	2
3. Diskussioner om mätning och reglering av löst syre	7
4. Besök R.M. Clayton Water Pollution Control Plant, Atlanta	9
5. Besök Environmental Systems Engineering Department, Clemson University	11
6. Besök Mechanical Engineering Department, Clemson University	18
7. Besök Electrical Engineering Department, Clemson University	22
8. Besök Vanderbilt University, Nashville	24
9. Besök EPA, Cincinnati	29
10. Besök Case Western Reserve University, Cleveland	31
11. Besök Electronic Systems Laboratory, MIT, Cambridge	35

APPENDIX

1. SAMMANFATTANDE INTRYCK

Huvudtemat under hela resan har varit tillämpningar av reglerteknik inom vattenrening. Den konferens som jag besökte hade som grundtema att utröna de närmaste årens forskningsbehov inom området automatisering och reglering av reningsverk. För att komplettera bilden ytterligare besöktes ett antal institutioner med beröring till ämnet.

Reglering av reningsverk står fortfarande på ett ganska primitivt stadium. Detta har flera orsaker. En är, att ekonomiska motiv inte på samma sätt som i processindustrin kunnat driva fram utvecklingen. En annan orsak är, att instrumentering varit och är en mycket svår och dyr historia, något som försvårar utvecklingen av regleringen betydligt.

Samtidigt som intresset ökar för miljövård i största allmänhet satsar man enorma belopp t.ex. i USA på utbyggnad av reningsverk. För de närmaste tio åren kan investeringsbeloppen i USA räknas i hundratals miljarder kronor. I och med dessa investeringar är intresset för reglering av reningsverk mycket starkt stigande just nu.

På symposiet i Clemson hade samlats hundratalet deltagare representerande de flesta aspekter på vattenrening. Ur alla de forskningsbehov som lades fram under diskussionernas gång kunde man klart urskilja de två mest prioriterade områdena. Dessa är utveckling av dynamiska modeller för enhetsprocesser och system av sådana samt utveckling av pålitliga instrument, lämpliga för on-line reglering.

Hittills sysslar man med dynamiska problem i reningsverk på mycket få ställen. Traditionellt har man kommit att ägna sig åt processtekniska problem, men intresset för dyna-

mik dyker upp snart sagt överallt.

Man kan också konstatera att flera reglertekniska institutioner börjat intressera sig för miljövårdsproblem, både luft och vatten. Ett exempel på sådan verksamhet mötte jag vid MIT.

2. RESEARCH NEEDS FOR AUTOMATION OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS.

Clemson University, Clemson, S.C., 22-25 september.

Symposiet hade arrangerats av Clemson University i samarbete med EPA (Environmental Protection Agency). Målsättningen med konferensen var inte så mycket att presentera färdiga resultat. Snarare skulle man där diskutera vilken väg forskningen kring automatisering och reglering av vattenreningssystem skulle taga de närmaste 5 - 10 åren.

De resurser som hittills lagts på reglerproblem och dynamiska problem i samband med vattenrening är tämligen blygsamma jämfört med andra resurser på vattenreningen. Nu håller dock intresset på att svänga mycket snabbt och både från forskningsinstitutioner, instrumenttillverkare och EPA är man mycket positiv till en betydligt större satsning på reglerproblem.

Symposiet hade samlat knappt hundratalet deltagare, mest från USA. Endast tre europeiska deltagare var med. En deltagarlista återfinns i appendix. Även om de problem som diskuterades var amerikanska, så kan de flesta av dem direkt översättas på vilket industrialiserat land som helst.

Symposiet indelades i tre huvuddelar. Först presenterades korta översiktsföredrag över dagsläget inom olika delområden. Därefter indelades deltagarna i sex olika diskussionsgrupper, vilka hade till uppgift att granska forskningsbe-

hoven inom sitt specialområde och prioritera närmaste årens forskning. Slutligen redogjorde varje grupp för sina resultat inför den större samlingen och en mer omfattande diskussion vidtog.

Här presenteras symposiet områdesvis, dels med föredrag och dels med diskussionsgruppernas resultat. Själv deltog jag i diskussionen om biologiska processer.

2.1. Automation of Wastewater Collection Systems.

Två översiktsföredrag inom området hölls först:

C.T. Leiser: Automated collection system. Instrumentation needs.

J.J. Anderson: Present practice and research needs in wastewater collection system design and operation.

Diskussionsgruppen kunde sedan presentera sina resultat i form av tre delar, nämligen syfte med automatiseringen, problem samt forskningsbehov. Inom varje delområde fanns ett tiotal punkter men här nämnes endast de viktigaste. Huvudsyftet med automatiseringen skall vara att reducera bräddning och obehandlade flöden. Huvudproblemen ansåg man vara dels bristen på mätinstrument, dels bristen på förståelse för automatiseringens inverkan på hela systemet. Främsta forskningsbehovet ansågs vara att avgöra relativa balansen mellan automatisering av avloppsnätet (t.ex. med flödesutjämning) och den grad av automatisering som behövs för att behandla starkt varierande flöden vid själva reningsverket.

2.2. Automation of Biological Treatment Processes.

De två översiktsföredragen som hölls var:

J.F. Andrews: Dynamics and control of biological treatment processes.

M.J. Flanagan: Automation of the activated sludge process.

Det konstaterades att ett huvudproblem var bristen på adekvata dynamiska biologiska modeller för delprocesserna. Instrumenteringen dök också här upp som huvudproblem nummer två. De reglerscheman som hittills använts bygger till stor del på antingen statiska modeller eller också på mycket enkla algoritmer vilka inte kräver någon processmodell. Som det viktigaste behovet för forskningen ansågs vara de två områdena modellbyggnad och instrumentering. Modeller som baseras på mätningar i fullskaleanläggningar tillsammans med fysikaliskt underbyggda strukturer prioriterades högst. Pålitliga instrument för framför allt slamtäthet, slamaktivitet, organisk belastning och förgiftningar sattes högst upp på instrumentlistan.

2.3. Automation of Physico-Chemical Processes.

Inom detta området hölls föredragen:

W.W. Schuk: Automation of physical-chemical processes.

T.M. Keinath: Automation of physical and chemical processes.

Schuk beskrev främst den forskning och de resultat man uppnått vid EPA's anläggning Blue Plains i Washington. Keinath beskrev nuvarande praxis samt forskningsbehoven inom separa-

tion av både biologiskt slam och primärslam. Problem vid kemfällning och filtrering och adsorption ventilerades också.

I diskussionen indelades fysikaliskt-kemiska processer i de fyra delområdena kemisk fällning, filtrering, koladsorption samt kväveborttagning. Som det främsta gemensamma behovet för alla dessa processer var lämpliga instrument. En idiotsäker pH-mätare saknas fortfarande. Likaså fältmässiga mätare för analys av organiskt material, fosfor och kväve är önskvärda.

2.4. Automation of Sludge Processing.

Över slamhantering hölls föredragen:

B.T. Lynam: Automation of sludge processing.

J.B. Farrell: Control of sludge handling: some successes and problems.

Eftersom slamhanteringen står för halva totala kostnaden för vattenrening konstaterade gruppen, att slambehandling inte fått den uppmärksamhet det förtjänar ur ekonomisk synpunkt. Forskningen bör inrikta sig på att integrera slambehandlingsprocesserna med vattenreningsprocesserna, eftersom så många av enhetsprocesserna är kopplade i processkedjan. Dynamiska modeller för enhetsprocesserna samt deras koppling till andra processer måste därför utvecklas. Av hög prioritet räknas också utvecklandet av lämpliga instrument. De viktigaste är slamhaltsmätare för hela aktuella mätområdet.

2.5. Computer Applications in Automation.

Som bakgrund till denna diskussionsgrupp bör man bl.a. se det faktum, att automatiseringen kommit relativt sent inom vattenreningsbranschen. Detta gör, att inom datortillämpningar råder fortfarande en stor omogenhet, och informationsbehovet är stort. Man har ännu inte passerat pionjärstadiet som man gjort t.ex. inom kemiska industrin. Översiktsföredragen behandlade aktuella erfarenheter från större installationer.

W.E. Garrison et al: Current practice in instrumentation and computer applications at the County Sanitation Districts of Los Angeles County.

W.E. Dobbins: Computer applications in automation.

Diskussionsgruppen konstaterade det som andra också gjort, nämligen det stora behovet av pålitliga instrument samt adekvata dynamiska modeller av enhetsprocesserna. För datorstyrning krävs dessutom relativt enkla modeller, vilka dock måste vara noggranna. Utredningar beträffande kostnads/effektivitet för datorer i reningsverk efterlystes.

2.6. Evaluation of the Effectiveness of Automation.

De problem som denna grupp framför allt berörde var allmänt hur automatisering, bättre instrumentering och reglering kan åstadkomma att utgående vatten får en jämnare kvalitet. För detta krävs bl.a. en kostnadsutredning hur en viss grad av automatisering uppfyller givna specifikationer. Vidare krävs en bättre förståelse för samverkan mellan människa och maskiner.

Översiktsföredragen som gavs var

J.F. Roesler: Evaluation of the effectiveness of automation.

A. Molvar: Field evaluation of the effectiveness of automation.

Det senare föredraget rönt speciellt intresse, då det framför allt presenterade resultat av en större undersökning, hur instrument fungerar i praktiken ute på amerikanska reningsverk. Ett femtiotal reningsverk har besökts och man har i omfattande formulär fått redovisa erfarenheter beträffande pålitlighet, service, noggrannhet etc. för sina instrument. Undersökningen visade också på de svårigheter som är förknippade med att skaffa fram denna typ av information.

Diskussionsgruppen såg som främsta forskningsuppgift, att lämpliga reglerstrategier skulle utvecklas, vilka utnyttjar befintliga modeller och tillgängliga instrument bättre.

3. DISKUSSIONER OM MÄTNING OCH REGLERING AV LÖST SYRE.

Under resans gång diskuterade jag med ett antal personer om mätning och reglering av löst syre, t.ex. med

Walt Schuk, Blue plains EPA plant, Washington DC

John Roth, Vanderbilt University

Ronald Doty, Palo Alto

John Andrews, Clemson University

Tom Keinath, Clemson University

Robert Dean, EPA, Cincinnati.

3.1. Syrehaltsmätning.

De mätningar som hade gjorts i Käppala visade bl.a. att en snabb tidskonstant på ca. 11 sekunder skulle förekomma i syredynamiken. Den enda förklaringen till detta kan vara att gasformigt syre påverkar sonden. Vid en ökning av luftinblåsningen ökar antalet luftbubblor som slår mot membranet. Samtliga jag diskuterade med trodde på resultatet, men hade egentligen inga egna erfarenheter av hur stor andel av mätarens utslag som berodde på gasformigt resp. löst syre i vattnet.

Schuk hade i Washington gjort en del mätningar där han kunnat konstatera samma sak som vi gjort i Käppala. Hans recept var helt enkelt att sätta börvärdet för syrehaltsregleringen högre, kanske 30%. I Blue Plains hade man dock inte tänkt på att göra några sådana korrigeringar på de experiment som utförts tidigare.

3.2. Syrehaltsreglering.

Joe Roesler rapporterade vid mötet i Clemson om experiment som utförts i Blue Plains om syrehaltsreglering (se 2.6). I stort var resultatet följande: Nivån på syrehalten rapporterades vara av avgörande betydelse för slammets egenskaper. Två parallella processer hade körts för att jämföra syrehaltens inverkan på slammets sedimenteringsegenskaper. Först hade både processerna körts med syrenivån 1 mg/l under ett antal dagar utan att några slamflykt hade uppträtt. Process A behölls på detta sätt under hela experimentperioden. Process B förändrades dock, så att syrenivån höjdes till 3 mg/l under ca. 5 slamuppehållstider varvid slamindex höjdes från 100 till 200-300. Process A behölls slamindex ca. 100. När sedan syrenivån i process B sänktes igen åter-

gick slamindex till tidigare värde efter ett tag. Experimentet hade gjorts endast en gång.

De flesta personer jag diskuterade dessa resultat med kunde inte förstå, att syrenivån kunde ha någon inverkan alls. I en aktiv slamanläggning med rent syre i stället för luft hålls i allmänhet syrenivån på betydligt högre värde - kanske 5-6 mg/l - och där uppstår sällan dåliga slamindex. Flera personer gissade att det underliga resultatet hade med ökad turbulens att göra snarare än specifikt ökad syrenivå. Vid den ökade turbulensen skulle därvid slamflockarna slås sönder i slutet av bassängen och sedimenteringen försämrats följaktligen. Slutliga svaret är definitivt inte givet, vilket värde som skall åsättas börvärdet på en syrehaltsregulator.

4. BESÖK R.M. CLAYTON WATER POLLUTION CONTROL PLANT, ATLANTA - 25 September.

Detta reningsverk är det största i Atlanta, Georgia. Man håller på sedan flera år med en utbyggnad av anläggningen och denna är ännu inte fullbordad. Sålunda finns t.ex. datorsystem på plats sedan länge men är inte inkopplat. Just nu pågår de största konstruktionsarbetena på primärbassängerna.

Anläggningen har en kapacitet av ca. $6 \text{ m}^3/\text{sek}$. I en artikel

J.R. Briggs et al: Atlanta spends \$45 M - to innovate and automate, Water & Wastes Engineering, Sep. 1972

angives kostnaden för utbyggnad som titeln anger till ca. 45 M dollar. Kostnaden lär ha stigit till mellan 100 och

120 M dollar idag. Datorsystemet är en Fischer-Porter dator och skall tagas i drift om ungefär ett halft år.

Flera märkliga excesser har man kostat på sig. Datorsystemet har en fullständig analog back-up. Vidare kan man från varje enhetsprocess koppla in både manuell eller analog styrning i stället för datorstyrningen. En del överflödiga processer finns även. Två rötkammare finns, samtidigt som två förbränningsugnar har installerats. Endast den ena ugnen är i gång ca. 4 timmar/dag. Enbart rötkamrarna kostar ca. 10 milj. dollar.

Datorn har 20 k kärnminne och en disk med 140 k ord. All programmering utföres av Fischer-Porter i assemblyspråk.

Syrehaltregleringen i luftningsbassängerna kan ske stegvis genom att nya blåsmaskiner kopplas in eller ur. Idag finns ingen sluten reglerkrets för syrehalten, utan man gör endast registreringar av syrehalten i några punkter. Det gick inte att få ordentlig klarhet i detaljerna kring val av placering, erfarenhet av instrument etc.

Aktivslamanläggningar är designade med s.k. Krauss-modifikation, för att nitrifiering skall åstadkommas. Detta innebär att fem luftningsbassänger fungerar på konventionellt sätt. Fyra luftningsbassänger däremot tar inte emot något råvatten direkt, utan endast returslam. Resultaten innebär alltså en förlängd luftning för slammet. Något denitrifikation lär inte förekomma i processen.

5. BESÖK ENVIRONMENTAL SYSTEMS ENGINEERING DEPARTMENT,
CLEMSON UNIVERSITY 26-27 september.

Environmental Systems Engineering Department
Clemson University, Clemson, S.C. 29631

Efter konferensen stannade jag två dagar vid Environmental Systems Engineering Department för att diskutera gemensamma problem samt för att bese de faciliteter man har. Framför allt diskuterade jag med

Prof. John Andrews
Prof. John Austin
Prof. Heinrich Buhr
Prof. Thomas Keinath
Prof. Gene Rich
Mr. Mike Stenstrom

5.1. Utbildning av reningsverksoperatörer (John Austin).

John Austin ansvarar för utarbetandet av ett utbildningsprogram för reningsverksoperatörer eller driftsansvariga vid reningsverk. Detta utbildningspaket är ett mycket ambitiöst projekt som understöds av EPA. Totalt omfattar modulerna som ingår i utbildningen cirka fyra årskurser.

Nivån på dem som kurserna vänder sig till är starkt varierande, alltifrån bara motsvarande grundskola till doktorer i "sanitary engineering".

I kurserna ingår ambitiösa träningsprogram för varje liten enhetsprocess i en anläggning. För att uppnå goda resultat har man provat en hel del pedagogiska grepp, vilka torde ha inverkan också på vanliga universitetskurser. Mål för kursen liksom förväntade färdigheter är mycket detaljerat

beskrivna. Exakt vilka procedurer och frågeställningar en student skall klara efter varje modul är mycket ordentligt klarlagda. Hela uppläggningsen gav ett mycket gediget och ambitiöst intryck. Jag fick med en hel del studiematerial kring kursuppläggningsarna.

5.2. Reglering av aktivslamanläggningar (Heinrich Buhr, John Andrews).

Heinrich Buhr är under läsåret 1974-75 gästprofessor vid institutionen och kommer från Department of Chemical Engineering, University of Cape Town, Sydafrika. Professor Andrews kommer att lämna Clemson vid nyåret 1975 för att flytta till University of Houston, Houston, Texas.

Vi diskuterade ingående möjligheterna att formulera kriterier för reglering av aktivslamanläggningar. Buhr har simulerat beteendet från anläggningarna i Philadelphia vilka byggs ut med rent-syre-anläggningar. Med sådana finns möjlighet att beräkna hur mycket syre som används för den biologiska aktiviteten, genom enkla massbalansberäkningar. I en konventionell anläggning kan motsvarande biologisk aktivitet beräknas via syrehaltsekvationen i luftningsbassängen. Man kan beräkna den s.k. specific oxygen utilization rate (SOUR), d.v.s. biologiskt förbrukat syre dividerat med MLSS. Genom att hålla SOUR konstant kan en lämplig styrlag erhållas, så att betingelserna för sedimenteringen göres så gynnsamma som möjligt. Styrvariabeln för detta är returslamflödet.

Det verkligt stora problemet är annars sedimenteringen. Man har i princip tre önskemål för sedimenteringen efter luftningsbassängen. Dessa är ibland motstridande. Man vill således samtidigt minimera koncentrationen susp i utgående vatten, maximera koncentrationen susp i botten

av separatorn och samtidigt maximera mängden slam som lagras i separatorn. Vilka faktorer som påverkar susphalten i utgående vatten är fortfarande mycket oklart, i synnerhet i dynamiska situationer. För att kunna identifiera dynamiken i en separator bör i varje fall följande variabler mätas: MLSS och flöde i inloppet, koncentrationen och flöde av returslam, utgående vattens flöde och susphalt. COD bör vara detsamma överallt eftersom det är i löst form. Andrews hoppas kunna använda det nya stora reningsverket i Philadelphia för experiment när det blir färdigt om ett par år. Närmast hoppas han kunna få installera en stor ventil på ingången av en av luftningsbassängerna. Genom detta kan man utnyttja en bassäng för enbart upplagring av slam.

Utifrån mina simuleringar diskuterade vi förekomsten av dispersa bakterier och ciliater. Andrews var mycket intresserad av mina resultat, och kom ihåg att man någonstans sett sådana oscillationer vilka förekommit i mina simuleringar. Däremot visste han ej alls i vilken mån det var realistiskt att inkludera sådana bakteriesorter. Troligen ser man ej dispersa bakterier med turbiditetsmätningar, men det vore definitivt intressant att göra populationsuppskattningar mikroskopiskt.

Vi diskuterade styrning med hjälp av flödesmönstret på inkommande råvatten till aktivslamanläggningar, och med utgångspunkt från mina simuleringar såg Andrews intressant optimeringsuppgifter. Vill man nämligen minimera koncentrationen av löst utgående COD måste man skicka in allt råvattnet i början av aktivslambassängen. Om man däremot vill minimera belastningen på sedimenteringsanläggningen skall man minska susphalten i slutet av bassängen. Detta åstadkommes genom att skicka in råvattnet i slutet på luftningsbassängen. Här finns alltså utrymme för dels statisk optimering för design, dels dynamisk optimering för störningar.

Andrews berättade också att han inte arbetet speciellt med röt-kammardynamik efter det att Steve Graef doktorerat. I vår

kommer han dock att fortsätta med rötkammare och då inkludera temperatureffekter i modellerna.

Man var mycket intresserad av de identifieringsförsök som gjorts och göres vid Käppala och kunde snabbt konstatera att man endast vid Palo Alto gjort något som liknar detta. Palo Alto projektet är dock nedlagt, vilket betyder att svensk forskning på området har en god chans att göra sig gällande.

John Andrews är med och arrangerar kommande IAWPR (International Association for Water Pollution Research) kongress om "Control and automation for wastewater treatment systems". Man planerar att den skall kunna hållas i London och Stockholm maj 1977. I Stockholm kommer man framförallt att besöka Käppala. Dessutom kommer IAWPR att hålla en större kongress i augusti 1976 i Sydney Australien motsvarande den som hölls i Paris i september 1974.

5.3. Ekologiska modeller (Linvill G. (Gene) Rich).

Gene Rich är intresserad av ekologisk modellbyggnad. Han har nyligen givit ut en lärobok:

Environmental Systems Engineering (McGraw Hill)

vilken framför allt användes i undervisningen för undergraduates. I den senaste versionen av akvatisk modell har han tagit hänsyn till organiskt kol i modellen, se

L.G. Rich, J.F. Andrews and T.M. Keinath: Mathematical models as aids in interpreting eutrophication phenomena. Report, Environmental Systems Engineering, Clemson University, Clemson, S.C., 1974.

Rich var den förste som i akvatiska modeller tog hänsyn till organiskt kol. Detta gör att man sedan måste ta hänsyn till alkaliniteten för systemet. Rich var intresserad av dygnsvariationer av aktiviteten mer än säsongsvariationer. Därmed blir solens strålning av stor betydelse. Han vill studera dess korrelation till förändringar t.ex. i pH. Vidare ville han studera i vilken utsträckning kol samt fosfor och kväve är begränsande faktorer vid tillväxten av organismer i vatten. En doktorand håller f.n. på att utvidga modellen med flera bakteriesorter samt löst syre.

5.4. Modeller av separationsprocesser (Michael Stenstrom).

Mike Stenstrom doktorerar för John Andrews och skall göra en modell för ett totalt reningsverk inkluderande primärsedimentering, aktivslamanläggning samt klorinering. Vidare ingår rötkammare, men som ett bihang, närmast för att genom den första modellen beräkna realistiska belastningar till rötkamrarna. Arbetet bygger vidare på tidigare doktorsavhandlingar av Joe Busby och Jim Bryant. Det största arbetet och den väsentliga tonvikten ligger på att förbättra modellerna för separation. Jim Bryant har tidigare utarbetat en modell. Joe Busby har arbetet vidare på Bryants med delvis andra angreppssätt. Stenstrom försöker nu ta ett mer fundamentalt grepp på de dynamiska problemen genom att direkt lösa de partiella differentialekvationer som bestämmer massbalans och moment i separatorn, d.v.s. Navier-Stokes ekvationer. Stenstrom har ännu inte några egentliga resultat av dessa fundamentala ekvationer. Han hoppas emellertid kunna förstå bättre inte bara vad som händer i botten utan också i utgående vatten från separatorn.

Principiellt ser ekvationer ut på följande sätt:

$$\text{Massbalans: } \frac{\partial c}{\partial t} = - (v+v_s) \frac{\partial c}{\partial x} - c \frac{\partial v_s}{\partial x}$$

$$\text{Kraftbalans: } \frac{\partial v_s}{\partial t} = - (v+v_s) \frac{\partial v_s}{\partial x} + \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right) - v_s^2 \phi - k \frac{\partial c}{\partial x}$$

där c = koncentrationen

v = flödets hastighet

v_s = sjunkhastighet för partiklarna

x = djupkoordinat

ρ = vattnets täthet

ρ_s = slammets täthet

ϕ = slamflöde

Randvillkoren är

i toppen: koncentrationen av slam är densamma som luftningsbassängens susphalt

$$c = \text{MLSS}$$

Hastigheten för plugflödet nedåt i separatorn

$$v = Q_0/A$$

där Q_0 = hydrauliska flödet från luftningsbassäng till separator

A = separatorns tvärsnittsarea

i botten: sjunkhastigheten $v_s = 0$.

Kloreringen kan ses som ett separat problem på slutet av reningsprocessen. Processen kan betraktas som en tubreaktor med ca. 30 minuters kontakttid. Kloret påverkar inte bara det lösta substratet utan även en del suspension ingår i re-

aktionen. Stenstrom har nu ställt upp de PDE som beskriver substrat och klorkoncentrationen som funktion av tid och rum. I princip har ekvationerna följande utseende:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - v \frac{\partial c}{\partial x} - k[c]^n[s]$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} = D \frac{\partial^2 s}{\partial x^2} - v \frac{\partial s}{\partial x} - \frac{k}{Y} [c]^n[s]$$

där c = koncentrationen klor

s = koncentrationen substrat

D = diffusionskonstant

v = flödets hastighet

x = längdkoordinat

Y = yieldfaktor

k = konstant

Styrvariabeln är mängden klor som skickas in i kontaktkammaren. Problemet är definitivt intressant ur reglerteknisk synpunkt och är viktigt för vattenreningen. Mätningen av mängden överskottsklor i slutet av klorbassängen kan göras pålitlig. Stenstrom har haft en del data tillgängligt från Philadelphia. Totalt har han dock endast en veckas data med 1 timmes samplingsintervall för inkommande vattens flöde, BOD och susphalt. Det bör sägas, att Stenstroms modell främst är avsedd för åtgärder vid stora störningar via inkommande vatten. Jämfört med att reglera ut små störningar är de stora chockbelastningarna av helt avgörande betydelse.

5.5. Laboratoriefaciliteter.

Utrustningen i laboratoriet är helt imponerande. Man har tillgång till alla tänkbara analysinstrument, pilotanläggningar, tempererade rum etc. som man kan önska sig i sammanhanget. Samtliga processer eller instrument i hela huset kan via interfacetavlor, utplacerade i varje rum, knytas till den hybriddator PDP 15-EAI 580 som betjänar hela Engineering Department. Man har dessutom praktiskt taget obegränsad tillgång till universitetsdatorn, en IBM 370/158 och har grafiska terminaler i huset och på institutionen.

6. BESÖK MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT, CLEMSON UNIVERSITY, 26 september.

Syftet med detta besök var framför allt att träffa prof. Eugene Harrison för att med honom diskutera reglerteknisk utbildning för mekanister.

6.1. Kurser.

Utbildningen på doktorandnivå och på master-nivå är sedan två år omorganiserad vid Clemson. Kurserna är gemensamma för både elektriker, mekanister och kemister. Följande kurser ges:

(1) Introduction to digital control.

Denna kurs är väsentligen ämnad för kemister och mekanister för att ge dessa samma bakgrund i elektronik och digitala kretsar som elektrikererna.

(2) Modeling and control of engineering systems (810).

Denna kurs har ännu inte givits, men Harrison var yt-

terst angelägen att här knyta bättre kontakt med Lund för att få material till en sådan kurs. Just nu användes som lärobok

Y Takahashi et al: Control and dynamic systems.
Addison-Wesley, 1970, kap. 1, 2, 3, 5, 7, 10,
(11).

- (3) Modern control theory (811).
Kursen motsvarar hela boken

K Ogata: State space analysis of control systems.
Prentice Hall, 1967.

- (4) Nonlinear control systems (815).
Kursen omfattar väsentligen boken

Hsu-Meyer: Modern control principles and applications. McGraw Hill, 1968.

- (5) Digital control (820-821).
Kursen 820 följer väsentligen boken

Peatman: Design of digital systems. McGraw Hill.

Dessa kurser är väsentligen hårdvaruorienterade.

6.2. Forskningsprojekt.

Allmänt kan sägas att forskningen ej är speciellt omfattande. Två projekt skall dock nämnas.

- (1) Control of plastic film.

Detta projekt kan sägas bestå i att reglera en läpp-
öppning för en apparat som lägger på plastbeläggning

på olika material. Filmen är ca. 1 m bred. Var tredje minut mätes tjockleken av filmen med en betamätare. En dator räknar sedan ut hur stor justering som skall göras av läppöppningen. Denna justeras manuellt med ett antal skruvar. Operatören får alltså en order hur mycket skruvarna skall justeras. Projektet är stött av lokala industrier. Man arbetar också på att få fram lämpliga ställdon för denna process.

(2) Reglering av verktygsmaskiner.

Problemet består i att reglera bort mycket snabba vibrationer som förekommer i många verktygsmaskiner. Vibrationerna kan ha frekvenser på mellan 400 och 500 Hz. Med magnetostriktiva ställdon söker man nu kompensera för dessa vibrationer så att maskinen inte påfrestas av dessa. Man har byggt upp en försökssvarv med de aktuella ställdonen. Typisk slaglängd var 0,001 tum (0,025 mm), vilket visar att det är fråga om små rörelser som skall kompenseras. NSF stöder projektet.

Man är starkt intresserad av att allmänt undersöka datorer i samband med verktygsmaskiner, framför allt med mikrodatorer. Hittills har man dock inte hunnit göra något särskilt med sådana.

6.3. Kurslaboratorium.

Processer ingående i kurslaboratoriet hade i allmänhet tillverkats som projekt i MS examen, men skulle så småningom ingå i den ordinarie undergraduate-undervisningen.

(1) Positionsservo.

Positionsservots kännande delar bestod av två fotodioder, uppfästa på två armar i vinkel. Dessa armar kunde vridas kring en axel. Axeln kunde ställas in så att av-

ståndet från fotodioderna till en lampa blev lika stora. Själva servot var sedan byggt med likströmsmotorer och mekanodelar.

(2) Styrning av differentialväxel.

Två likströmsmotorer var via kugghjul kopplade till en differentialväxel. Växeln var sedan kopplad till två bromsar. Om nu den ena bromsen belastades ökades naturligtvis tröghetsmomentet på denna axel och då överfördes i stället motorernas moment till den andra axeln via differentialen. Denna rörde sig alltså förhållandevis mera än den som bromsades.

(3) Upprullning av lina.

Processen skall rulla upp en lina från en haspelrulle till en annan medan spänningen i linan hela tiden är konstant. Detta betyder att eftersom diametern på rullarna hela tiden varierar måste hastigheten på rullarna styras på att spänningen hela tiden hålles konstant. Den drivande haspelrullen har konstant hastighet. Med hjälp av en fjäder och en potentiometer mätes spänningen på tråden mellan rullarna. Signalen från potentiometern går till ett servo som ökar eller minskar hastigheten på den andra motorn. Hela processen var uppbyggd med byggsatser och var mycket åskådligt gjord.

7. BESÖK ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT, CLEMSON UNIVERSITY, 27 september.

Dr. Wolla visade mig runt på avdelningen för att visa upp några projekt. De flesta projekt är typiskt tillämpningsinriktade och hardwareinriktade. Man har en imponerande uppsättning utrustning, både vad beträffar datorer och övrig elektronik.

7.1. Datorstödd undervisning.

Förutom tillgång till samma IBM 370 och PDP 15 som Environmental Systems Department har man flera små datorer med olika användning.

Ett intressant system är ett undervisningssystem baserat på en PDP 11, vilket Dr. Wolla själv arbetat på ca. två år, innan det nyligen kom igång på allvar i undervisningen. Maskinen har ca. 20 k kärnminne samt DEC tape. Till maskinen är knutet ca. 15 terminaler av typ Hazeltine 2000. Systemet användes både för undergraduates och för graduates i datorstödd undervisning i många olika ämnen. Läraren sitter i klassrummet och har tillgång till en lärarterminal plus fyra TV-kameror. Från sin terminal kan läraren ta över kommandot till maskinen och skicka ut frågor på elevterminalerna. Studenterna kan sedan individuellt besvara frågorna. Dessutom har varje elev en liten TV monitor som är förbunden med de fyra TV-kamerorna eller med videobandspelare. Man har som sagt bara ett par månaders erfarenhet av systemet hittills, men använder nu systemet ett par timmar per dag i undervisningen. Investeringskostnaden för utrustningen rör sig om 200 000 dollar, vilket kommer från en privat donation.

I undergraduate-undervisningen användes en ca. sju år gammal PDP 8. En annan PDP 8 användes uteslutande som time-sharing

maskin för 17 stycken high schools i omgivningen. Dessa high schools är utrustade med terminaler för undervisningen i matematik, fysik och kemi. Projektet har pågått ca. tre år och ansågs mycket lyckosamt.

7.2. Forskningsprojekt.

Den dominerande industrin runt Clemson är textilindustrin, vilket påverkar valet av forskningsobjekt. Ett par projekt kan nämnas.

(1) Utveckling av automatiska mätinstrument för färg.

Som givare användes en gaskromatograf och denna är knuten till en PDP 8. Projektet har pågått 3-4 år och man understöds med ca. 100 000 dollar/år för detta.

(2) Automatisk dragprovare för tråd.

Traditionellt har trådens slitstyrka och andra hållfasthetsegenskaper provats manuellt. Man håller nu på att utveckla givare för dessa prov i stället. Givarna innehåller mekaniskt apparatur som skall kunna hålla och dra tråden. Tryckgivare bestämmer dragkraften. Först hade analoga givare utvecklats, men senaste versionen hade digitala signaler. Givaren är sedan knuten till en PDP 8, som sedan bearbetar mätdata till testvärden man är intresserad av. Projektet gav intryck av mycket avancerad hardware medan däremot algoritmsidan var sämre utvecklad.

8. BESÖK VANDERBILT UNIVERSITY, NASHVILLE.

Center for Industrial Water Quality Management
Vanderbilt University, Nashville, Tennessee 37235.

Under besöket samtalade jag med

Prof. W. Wesley Eckenfelder, executive director

Dr. John Roth, director

Prof. Tom Godbold, Chemical Engineering Department

8.1. Allmänt.

Professor Eckenfelder har en position som "distinguished professor" vid Vanderbilt University och är ansvarig för Environmental Systems Department. Samtidigt med detta har man grundat detta Center for Industrial Water Quality Management som är ett slags uppdragsgrupp inom universitetet. Man tar emot kontraktsforskning eller också kan ett företag eller en organisation för en årskostnad av 2000 dollar få vissa förmåner, t.ex.

- inbjudan till ett seminarium per år kring några centrala frågor inom vattenreningen
- alla rapporter från avdelningen
- konsultation med gruppen kring tekniska frågor
- löpande information från gruppen om konferenser och seminarier.

Bland de pågående projekten dominerar inudstriell vattenrening från följande industrier:

- organiska kemikalier och plaster
- tillverkning av hardboard

- pappers och massaindustrin
- gummiindustrin
- oljeindustrin
- textilindustrin

Ett projekt avser att undersöka hur kallt klimat påverkar biologisk behandling av avloppsvatten. Data har erhållits från olika regioner inom EPAs administration. Man avser att få fram statistiska samband för biodammar och aktivslamanläggningar. Typiskt söker man parametervärden i temperaturberoende av typen

$$k(t) = k(20)^{-(t-20)}$$

där k är tillväxtkonstant för bakterier. Det bör påpekas att flera sådana projekt bedrivits i Sverige.

Under sommaren 1974 har chemical och environmental engineering flyttat in i ett nytt hus, varför laboratorierna fortfarande inte alls var i ordning. Dock kan sägas, att man inte tillnärmelsevis har så mycket laboratoriefaciliteter som Clemson. Dock har man ett par mobila pilotanläggningar, en aktivslamanläggning och en tertiär (fysikaliskt kemisk samt aktivt kol) anläggning. Båda är monterade på lastbilsflak.

Totalt arbetar vid Environmental systems ca. 6-7 faculty eller fast anställda samt tio doktorander och ca. 20 master students. På vattenrening arbetar ca. 2 personer, på vattenresursteknik ca. 2 personer samt på avfallshantering 1 person. En person (prof. Schnelly) arbetar med luftföroreningar. Han var tyvärr inte hemma den dag jag besökte Vanderbilt.

Bakgrunden för de flesta doktoranderna är konventionell väg- och vatten eller sanitary engineers. Flera stycken är kemister och någon är biolog. Detta innebär att typen av doktorer

som kommer ut kan variera kraftigt, och det behövs i allmänhet en noggrann varudeklaration av vederbörande.

8.2. Dynamik hos aktivslamanläggningar.

Vi diskuterade forskningen kring dynamiska system. Roth och Eckenfelder höll med om att status kring forskningen om dynamik i miljöprocesser är mycket efter andra branscher.

Ett färskt projekt var en undersökning av kinetiken i en complete mix aktivslamanläggning. Morton Reed hade undersökt batchdata med kontinuerliga data tagna från litteraturen och har korrelerat tillväxtparametrar till dessa data. Någon typ av fullskaleförsök har man inte gjort, men var mycket nyfiken på de identifieringsmöjligheter som kan finnas, såsom vi gjort i Käppala. Eckenfelder var inte medveten om något annat liknande projekt.

Eckenfelder visade ett intressant resultat, vilket bygger på 18 månaders mätningar på syreupptagning och biologisk syreförbrukning i ett reningsverk. Man har tagit ca. 3 prov/vecka. Systemet är utrustat med ytluftare. Följande principiella kurva kan då erhållas:

Syrenivån hölls vid 1,5 mg/l hela tiden.

Kurvan visar således det intressanta faktum, att verkningsgraden för ytluftarna ökar vid ökande belastning! I början, när reningsverket var nytt var belastningen låg och därmed också biologiska syreupptagningen. Under de 18 månaderna hade sedan belastningen successivt ökat. Resultaten visar alltså att "oxygen transfer rate" ofta kan vara helt fel beräknad i många reningsverk. Detta beror på att syreupptagningen i vatten har beräknats inte för aktivt slam utan för rent vatten, vilket då kan ge helt felaktiga resultat.

Eckenfelder ville söka en förklaring till ovanstående resultat, att mikroorganismerna inte bara tog upp löst syre utan också gasformigt syre i viss utsträckning. Eckenfelders hypotes ger ytterligare frågor till hur egentligen syrereglering skall gå till. Dels vet vi inte hur utslaget i en syrehaltsmätare beror av löst resp. gasformigt syre, dels vet vi således inte säkert hur mycket av de olika fäserna som kan nyttiggöras av bakterierna. Vid senare diskussion med Robert Dean vid EPA (se 9) var denne dock ytterst tveksam till om Eckenfelders hypotes kunde vara sann. Detta skulle bero på de stora skillnaderna mellan bubblornas diameter och organismernas diameter. Det bör dock framhållas att resultaten inte säkert håller för diffusorer. En förklaring kan vara att vid större belastning blir den totala bubbelytan större och därmed åtkomsten till syre för mikroorganismerna större.

8.3. Chemical Engineering Department (Prof. Tom Godbold).

Prof. Godbold har en processteknisk bakgrund och är intresserad av reglertekniska tillämpningar inte bara inom kemiteknik utan också inom reningsverk. Ännu har han dock inte gjort mycket konkret inom miljövården.

Laboratoriet har efter flyttningen inte kommit i gång, men

faciliteterna var mycket förnämliga. Alla mätare och regulatorer var elektroniska utom en enda demonstrationsprocess, som var byggd med pneumatisk teknik. Samtliga processer i huset var kopplade till ett centralt kontrollrum där samtliga mätgivare registrerades och alla regulatorer satt. Där fanns också kopplingspaneler till en hybridmaskin. En mycket stor flexibilitet hade således åstadkommits. Hybridmaskinen är en Honeywell 316 knuten till en EAI 580. Alla undergraduates kör på analogimaskinen. H316 är utrustad med 16 k kärnminne samt en 5 M ord disk. Skrivminnet är ännu inte använt, trots att maskinen är två år. Datorn används dels för vanliga off-line-beräkningar, dels för datainsamling från processerna i huset. Alla yttre förutsättningar fanns sedan för att använda maskinen till DDC till en godtycklig process i huset.

Både Roth och Godbold var ganska säkra på att modeller erhållna från laboratorieexperiment med konstgjorda avloppsvatten skulle kunna översättas till fullskalemodeller. Detta ställer jag mig dock mycket tveksam till.

8.4. Referenser.

- [1] Englande, A.J., and W. W. Eckenfelder: Oxygen concentrations and turbulence as parameters of activated sludge scale-up, p. 78-93 in Applications of commercial oxygen to water and wastewater systems, Water resources symp. No. 6, Center for research in water resources. Editors: R.E. Speece and J.F. Malina.
- [2] Reed, M.W. et al: Kinetics of heterogeneous microbial growth and substrate removal, Vanderbilt Univ., 1974.
- [3] Reed, M.W. et al: Dynamic models for laboratory scale CMAS waste treatment plants, Vanderbilt Univ., 1974. Presented at 77th National A I Ch E meeting, Pittsburgh, Penn., June 2-5, 1974.

9. BESÖK EPA, CINCINNATI, 1 oktober.

National Environmental Research Center
Cincinnati, Ohio 45268.

Vid besöket samtalade jag med

Dr. Robert Dean, Ultimate Disposal Research Program

Dr. Robert Smith, Chief, Treatment Optimization Research
Program

Dr. Joseph Roesler, Treatment Optimization Research
Program.

R. Smith har under senaste året fullbordat en rapport om
dynamik och styrning av aktivslamanläggningar,

R. Smith and R.G. Eilers: Control schemes for the activa-
ted sludge process. Environmental Protection Technolo-
gy Series, EPA-670/2-74-069, August 1974.

Tyvärr måste man konstatera att väsentliga modellförbätt-
ringar från tidigare rapporter inte har gjorts. Fortfaran-
de är den väsentliga svagheten, vilken Smith själv fram-
håller, att separatorn inte har en mer komplex beskrivning.
Slutrapporten från projektet tillsammans med Systems Control
Inc. om projektet i Palo Alto har ännu inte avslutats.

Med Joe Roesler fortsatte jag att diskutera de resultat som
han presenterat i Clemson (se 3). De experiment med DO reg-
lering man utfört vid Blue Plains i Washington hade bara
gjorts en enda gång, varför man inte säkert kan säga om det
var någon tillfällighet som åstadkom de något för mig under-
liga resultaten.

Med Robert Dean diskuterade jag framför allt vilka kriteri-
er som bör läggas på styrlagen vid styrning av aktivslaman-

läggningar. Konstant slamålder eller konstant tillväxthastighet bör vara relativt jämförbara. Vilken av dem man bör ta ansåg Dean kanske vara en lämplighetsfråga.

Vi diskuterade vidare Eckenfelders hypotes, att bakterier eventuellt skulle kunna tillgodogöra sig gasformigt syre (se 8.2). Ett annat problem, som man borde söka förstå bättre i detta sammanhang vore dock att undersöka hur syre tränger in i flockar av slam. Man vet idag, att stora flockar är anaeroba i mitten, på grund av att syret helt enkelt inte hinner tränga in så långt. Samverkan mellan syre och organismer borde man söka förstå bättre.

Vi diskuterade vidare några erfarenheter av instrument. I Palo Alto användes två olika MLSS mätare, Keene och Biospherics. Mätaren från Keene fungerade från första början på tillfredsställande sätt. Däremot var det viktigt att hitta en lämplig placering för mätaren i bassängen. Man kunde lätt få effekten från väggen, om mätaren satt alltför nära denna. Man rekommenderade minst 1 meter från väggen. Mätaren från Biospherics fick modifieras något innan den fungerade bra. Orsaken var att den lätt fick alltför mycket smuts kvar på sig. Nu har man 6 stycken sådana mätare i Blue Plains och en i Palo Alto. Vid direkt jämförelse mellan mätarna följde de varandra mycket väl, men utslagens absolutvärde kunde skilja mellan 100 och 200 mg/l.

10. BESÖK CASE WESTERN RESERVE UNIVERSITY, CLEVELAND,
2 oktober.

Systems Engineering Department
Case Western Reserve University
Cleveland, Ohio 44106.

Under besöket samtalade jag med

Prof. James Schoeffler

Prof. Yakov Haimen

Prof. G. Blankenship

10.1. Allmänt.

Man har framskridna planer på att slå samman Systems Engineering Department med Computer Science Department eftersom man har så många beröringspunkter med varandra. Det är helt tydligt att reglerteknikerna blir alltmer hardware-orienterade i och med att mikro- och minidatorer alltmer kommer in i reglersystemen.

Schoeffler har intresserat sig för några frågor som har direkt att göra med hur priset på datorer utvecklats. Den första gäller hur programsystem och databaser skall organiseras för ett stort antal mikrodatorer som är mer eller mindre sammanknutna. Den andra gäller frågan: vad kan man göra med en dator (inkluderande CPU, minne, AD och DA-omvandlare) för totalt ca. 10 dollar. I och med att mikrodatorer kommer att introduceras mer allmänt i bilindustrin för t.ex. motorstyrning kan priserna komma att nå dessa fantastiskt låga nivåer. Redan idag existerar prototyper på motorer som styrs med datorer. Man räknar med att inom närmaste åren göra en provserie på ca. 100 000 system, vilket drastiskt kan påverka datormarknaden.

Ett stort intressant tillämpningsområde anser Schoeffler vara verkstadsindustrin. Där kan mycket billiga mikrodatorer sättas in i tillverkningsprocesser och provutrustningar. Programsystem och databaser blir naturligtvis mycket angelägna problem.

10.2. Datorsystem vid Case.

Universitetsmaskinen är en Univac 1108 med 6 snabba terminaler utplacerade på universitetet. Varje terminal är utrustad med kortläsare och radskrivare. En DEC 10 användes som simulatorcentral och har anslutet ca. 20 terminaler, mest av typen Hazeltine 2000. Mest forskare och doktorander använder detta system. Det är vidare anslutet till ARPA-nätet.

På computer science har man sedan flera småmaskiner. En PDP 11 användes uteslutande för picture processing, en annan för talöverföringsproblem. En PDP 11 är sammankopplad med en mikrodator, där man utprovar samspelet mellan en större och en mindre dator. Program för mikrodatorn kompileras och simuleras på DEC 10. Antagligen måste man göra sig av med DEC 10 maskinen inom en snar framtid, då det ekonomiska understödet för maskinen upphör. ARPA-nätet kommer antagligen också att behöva krympas av ekonomiska skäl. Då försvaret inte längre vill betala alla kostnader för ARPA, vet man inte vem som skulle vara villig att stå för de enorma kostnaderna för nätet.

10.3. Water resource systems (Y. Haimés).

Tiden var mycket knapp att diskutera med Haimés om hans speciella projekt. Hans senaste intresse är att vidare undersöka multiple performance indices, tillämpade på vattenresurssystem. Problemet består i att dels måste flera oberoende kommuner samverka, dels måste inkommensurabla storheter jämföras på något sätt i miljöproblem. Grundproblemet består ju i att sätta pris på miljön.

Haimés har hållit flera kurser, vilka har riktats till industri- och kommunalanställda tekniker. Dessa kurser tycks vara en lönande affär, då intresset för dem är ganska stort. Haimés har inte gjort något inom området avloppsrening. Inom doktorsprogrammet ger Haimés i samarbete med Chemical Engineering Dep. en doktorskurs "Water quality planning and management".

Haimés gav mig följande rapporter:

Y.Y. Haimés: Modeling and control of the pollution of water resources systems via multilevel approach. Water Res. Bull., 7, 1, 93-101, Feb. 1971.

Y.Y. Haimés: A multilevel approach to determining optimal taxation for the abatement of water pollution. Water Resources Res., 8, 4, 851-860, Aug. 1972.

Y.Y. Haimés et al: Computational results for water pollution taxation using multilevel approach. Water Resources Bull., 8, 4, 761-772, Aug. 1972.

J.W. Foley et al: Multilevel control of multipollutant system. J. of the Environmental Engineering Div., EE3, 253-268, June 1973.

Y.Y. Haimes et al: Multiobjectives in water resource systems analysis: The surrogate worth trade off method. Water Resources Research, 10, 4, 615-624, Aug. 1974.

10.4. Bilinjära och stokastiska problem (G. Blankenship).

G. Blankenship har intresserat sig framför allt för Lie algebra och bilinjära problem. Ett speciellt problem han intresserat sig för är följande:

Givet den stokastiska differentialekvationen

$$\dot{x}(t) = f[x(t)] + k(t)g[x(t)]$$

där $k(t)$ är en stokastisk process som inte är vitt brus. De problem som uppträder för sådana system är t.ex. att p-momentet av x för något ändligt p kan bli oändligt. Blankenship undersöker några specialfall, t.ex.

$$\dot{x} = Ax(t) + \varepsilon \cdot k(t)Bx(t) \quad x(0) = x_0$$

som kan visas ha den citerade egenskapen hos p -momentet. I skalära fallet kan en exakt analys göras. För ett 2 ordningens system av ovanstående typ har han använt störningsräkning för små ε för att beräkna stabiliteten för p -momenten.

Några tillämpningar av teorin finns:

- 1) En enkelt återkopplad reglerkrets med en förstärkning $k(t)$ som varierar som en godtycklig stokastisk process.
- 2) Vågledare
- 3) Tidvattenvågor
- 4) Elastiska strängar

11. BESÖK ELECTRONIC SYSTEMS LABORATORY, MIT, CAMBRIDGE
3-4 oktober.

Electronic Systems Laboratory
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, Mass. 02139.

Under besöket sammanträffade jag med

Prof. Michael Athans
Prof. J.M. Wozencraft
Prof. Nils Sandell
Prof. Sanjoy Mitter
Prof. Leonard Gould
Prof. Timothy Johnson
Prof. Pravin Varaiya (visiting prof. från Berkeley)

Dessutom talade jag med

Prof. Fred Schweppe
Prof. Stephen Moore, Civil Engineering Department.

Under besöket höll jag ett tidigare annonserat seminarium
över ämnet "Control Problems in Wastewater Treatment Sys-
tems".

11.1. Allmänt.

Electronic Systems Laboratory (ESL) har under senaste året
förändrat karaktär ganska kraftigt och man har medvetet för-
sökt att hitta flera tillämpningsområden för reglertekniken.
Exempel på nya sådana är medicin och fysiologi, miljövård
samt stadsplanering. ESL ingår som en forskningsenhet i
Electrical Engineering Department, och leds nu av prof.
Athans.

11.2. Timothy Johnson.

Tim Johnson är speciellt intresserad av partiella differentialekvationer av typ vågekvationer. Frågor av typen observerbarhet intresserar honom, t.ex. kan man på randen observera vad som händer inuti ett system. Typiska tillämpningar är inom medicinen, där detektorer ofta måste placeras utanför de organ som skall undersökas. Johnson har också intresserat sig för diagnos av EKG med hjälp av frekvensmetodik, i stället för att betrakta EKG signalen som en tidsserie. EKG signalen uttrycks med hjälp av en Karhunen-Loeve utveckling, varvid redan tio termer räcker för att få en högst godtagbar approximation av den verkliga signalen. Denna mönsterigenkänning skall användas för diagnos av abnormala fenomen. Närmast på programmet står nu att insamla en större mängd EKG med både normala och kända abnormala beteenden. Därvid skall algoritmen testas. Johnson hävdade att träffsäkerheten för diagnos med hans metod är större än hittills använda metoder. Ett militärsjukhus inom flygvapnet är intresserat av denna automatisering. Man har där stora mängder EKG från flygvapnets alla flygare i hela världen, vilka skall testas regelbundet. Ett antal friska EKG skall därvid kunna uttestas snabbt och billigt och pålitligt. Ingen rapport finns ännu tillgänglig.

Johnson har på senare tid också börjat intressera sig för reglerproblem i kärnreaktorer, speciellt sådana som har att göra med rumsberoende oscillationer och rumsfördelning av effekten.

En del preliminära kontakter med Westinghouse har tagits av Mitter och Johnson, men ännu har inget konkret hänt.

11.3. Pravin Varaiya.

Pravin Varaiya är gästprofessor på MIT under läsåret men hör annars hemma på Berkeley. Han har intresserat sig alltmör för stora system av typen många löst sammankopplade små system. Sådana kan t.ex. uppträda vid trafikreglering av motorvägar med hjälp av trafikljus. Andra exempel är många sammanknutna mikrodatorer eller andra små datorsystem med gemensam databas eller programvara.

Varaiya ger just nu en speciell doktorandkurs "Urban systems analysis". Han ser också stadsplanering, markanvändning, befolkningsprognoser som intressanta exempel på stora system. Sådana system ger också upphov till speciella frågeställningar av typen estimering. Antalet mättillfällen är mycket få beträffande t.ex. befolkning eller markanvändning, men de mätvärden som förekommer är noggranna. Om nu någon rekursiv estimeringsmetod finnes som på bästa sätt kunde ta till vara data, vilka kan förekomma vart tionde år, kunde bättre prognoser mellan dessa tioårsperioder förekomma.

11.4. Nils Sandell.

Nils Sandell har doktorerat för Michael Athans i maj 1974 på avhandlingen "Control of finite-state finite-memory stochastic systems" men tillhör numera fakulteten. Avhandlingen behandlar det problem inom stokastisk reglering då flera regulatorer med olika databaser är tillgängliga. I en tidigare artikel har han behandlat problemet med det icke-klassiska linjärkvadratiske gaussiska problemet:

N. Sandell, M. Athans: Solution of some nonclassical LQG stochastic decision problems. IEEE Trans AC, Vol. AC-19, 108-116, april 1974.

Sandell letar nu efter konkreta tillämpningar av stora system för att då kunna ställa de relevanta frågorna som hör till dessa. Tre stora system har han hittills tänkt sig:

- telefonnät
- motorvägar
- message switching systems

11.5. Fred Schweppe.

Fred Schweppe har länge sysslat med reglerproblem inom kraftindustrin. Trots att många problem är lösta anser Schweppe, att många finns kvar. Fortfarande är många fenomen inom dynamiken hos enhetsprocesserna okända. Sålunda vet man ej alltid hur ett kraftvärmeverk bäst skall drivas i alla driftsfall. Under de närmaste ca. fem åren kommer vi att ställa allt större krav på reglerbarheten hos kraftverken och denna teknik måste utvecklas åtskilligt fortfarande. Problemen kring tillståndsestimering i kraftnät samt lastfördelning ansåg dock Schweppe att det mesta nu var löst. Endast finputsning återstår. Schweppe har på senare tid diskuterat ganska mycket om problem kring luftföroreningar runt kraftverk (se 11.6).

11.6. Leonard Gould.

Leonard Gould arbetar mycket på miljöproblem. Tillsammans med professor Stephen Moore och Fred Schweppe har man format något av en diskussionsgrupp kring frågeställningar av denna art. Gould har hittills inte undersökt avloppsrening utan snarare vattenresursproblem samt luftförorening. Ett speciellt problem har man behandlat mer ingående. Val av bränsle i kraftvärmeverk är viktigt med tanke på luftföroreningarna. Eftersom man vill optimera ekonomin samtidigt som man uppfyller miljövårdslagarna har man ställt sig problemet att välja det bränsle som med hänsyn till väder-

leksförhållandena skall de den billigaste driften och samtidigt godtagbara föroreningar. Framför allt har man då intresserat sig för SO_2 -nivån. Modellen måste nu kunna prediktera ett antal timmar i förväg vad som skall hända med spridningen av tänkbara föroreningar. En doktorsavhandling inom området har producerats:

A.A. Desalu: Dynamic air quality estimation in a stochastic dispersive atmosphere, april 1974.

Gould såg en väsentlig fördel med att forska på luftföroreningar framför vattenföroreningar, nämligen mättekniken. Eftersom de flesta föroreningar i luften är oorganiska så blir mätproblemen mycket mindre jämfört med vatten. Å andra sidan måste modellerna göras mycket stora. I Desalus avhandling använde man sig typiskt av ca. 500 rumspunkter. För att kunna lösa estimationsproblem måste många numeriska knep vidtagas, t.ex. glesa matriser och speciella strukturer på systemet måste utnyttjas.

Gould intresserade sig också för ett problem som uppstår så snart man skall modellera ekosystem. Man har nämligen att göra med s.k. naturliga system. Detta är en ovanlig situation för reglertekniker att studera befintliga reglersystem och söka förstå deras struktur.

APPENDIX

RESEARCH NEEDS FOR AUTOMATION OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS

SEPTEMBER 23 - 25, 1974

ATTENDANCE ROSTER

BABCOCK, Russell H., Chief Engineer, C. E. Maguire Inc., 60 First Avenue,
Waltham, Mass. 02154.

BALLOTTI, Elmer F., Partner, Greeley and Hansen, 222 South Riverside Plaza,
Chicago, Illinois 60606.

BISCAN, N. J., Research Specialist, Dow Chemical U.S.A., A-1127 Building,
Freeport, Texas 77541.

BERTRAM, William H., Supervisory Sanitary Engineer, EPA, 1860 Lincoln Street,
Office of Grants, Denver, Colorado 80203.

BLAKELY, Christopher P., Market Manager, Water Management, Honeywell, Inc.,
1100 Virginia Drive, Ft. Washington, Pa. 19034.

BREIDENBACH, Andrew W., Director, National Environmental Research Center,
Cincinnati, Ohio 45268.

BRUBAKER, Jay H., Section Leader, Union Carbide Corp., P. O. Box 8361, South
Charleston, West Virginia 25303.

BRYANT, James O., Staff Engineer, EPA, Municipal Operations, 7729 Durer Ct.,
Springfield, Virginia 22153.

CARKEEK, John G., Associate, Consoer Townsend & Associates, 360 East Grand
Avenue, Chicago, Illinois 60611.

COHEN, Al, President, Astro Ecology Corp., 801 Link Road, League City, Texas
77573.

CONVERY, John, EPA, Cincinnati, Ohio 45268.

CARROLL, Leo J., Manager, Environmental Division, Fischer & Porter Co., Warminster,
Pennsylvania 18974.

CROW, Merle, Stevens T. Mason Building, Lansing, Michigan 48926.

DENIT, Jeffery D., Chief, Impact Analysis Section, EPA, Waterside Mall, 919
East Tower, 401 M Street, SW, Washington, D. C.

DAY, Robert E., Project Manager, Black, Crow & Eidsness, Inc., Penn Towers -
Suite 434, 1819 John F. Kennedy Blvd., Philadelphia, Pa. 19103.

DOBBINS, William E., President, Teetor-Dobbins, 515 Johnson Avenue, Bohemia,
N. Y. 11716.

DOTY, Ronald N., Supt. Water Quality Control, 250 Hamilton Street, Palo Alto,
California 94301.

DU CROS, Michael, Marketing Manager, Technicon, Benidict Avenue, Tarrytown,
N. Y. 10591.

ELSAHRAGGY, Mohammed, Q. L. & M. Engineers, Tapean, N. Y. 10983.

FERTIK, Harry A., Senior Scientist, Leeds & Northrup Company, Technical Center,
North Wales, Pa. 19454.

FLANAGHAN, Mike, Brown & Caldwell, 66 Mint Street, San Francisco, California 94103.

FARRELL, J. B., Acting Chief, Ultimate Disposal Section, AWTRL, National
Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio 45268.

FREEMAN, Mark P., Senior Scientist, Dorr-Oliver Incorporated, 77 Havemeyer Lane,
Stamford, Connecticut 06904.

GARRISON, Walter E., Assistant Chief Engineer, Sanitation Districts of L. A.
County, 1955 Workman Mill Road, Whittier, California 90601.

GILBERT, Walter G., Chief, Municipal Operations Branch, EPA, 401 M Street, SW,
Washington, D. C. 20460.

GILMAN, Harold D., Engineer, Greeley and Hansen, Room 313, Transportation Center
Building, Six Penn Center Plaza, Philadelphia, Pa. 19103.

GLENN, Don, Space Division, General Electric Company, P. O. Box 8555, Philadelphia,
Pa. 19101.

GRAEF, Stephen P., Principal Sanitary Engineer, Metropolitan Sanitary District of
Greater Chicago, 100 East Erie, Chicago, Illinois 60611.

GUARINO, Carmen F., Commisioner, Philadelphia Water Department, 1160 Municipal
Services Building, Philadelphia, Pa. 19107.

GULEVICH, Wladimir, Chief, Water Quality Engineering Division, U. S. Army Environ-
mental Hygiene Agency, Aberdeen Proving Ground, Maryland 21010.

HAYES, Charles H., Assistant General Manager, Gulf Coast Waste Disposal Authority,
910 Bay Area Blvd., Houston, Texas 77058.

HUMPHREY, Marshall F., Jet Propulsion Laboratory 4800 Oak Grove Drive, Pasadena,
California 91103.

JOYCE, R. J., Production Manager, Dohrmann - Envirotech, 3240 Scott Blvd.,
Santa Clara, California 95050.

KEY, Phil, FMC Corporation, Denver, Colorado.

KUGELMAN, Irwin Jay, Chief Pilot Plants, AWTRL, EPA, NERC, Cincinnati, Ohio 45268.

JACOBSON, Kenneth J., Doctoral Student, University of Pennsylvania, Dept. of
Chemical Engineering, Towne Building, Philadelphia, Pa. 19104.

LAGER, John A., Vice President, Metcalf & Eddy, Inc., 1029 Corporation Way,
Palo Alto, California 94303.

LOMASNEY, Edmond P., R&D Program Director, EPA, Southeast Region IV, 1421 Peachtree Street, NE, Room 104, Atlanta, Georgia 30309.

LEISER, Curtis P., Manager of Computer Services, Seattle Metro, 410 West Harrison Street, Seattle, Washington, 98119.

MANKES, Bob, Vice President, Sales, Delta Scientific Corporation, 1172 RT 109, Lindenhurst, N. Y. 11757.

MASTERS, Hugh E., Staff Engineer, Storm & Combined Sewer Section, EPA, Woodbridge Avenue, Edison, New Jersey 08817.

MATHEWS, Michael B., Sanitation Superintendant, City of Ventura, P. O. Box 99, Ventura, California 93001.

McKNIGHT, M. Dolan, Plant Superintendent, Ft. Worth Water Dept., P. O. Box 870, Fort Worth, Texas 76101.

MEYER, John M., Vice President, Marketing, Systems Control, Inc., 1810 Page Mill Road, Palo Alto, California 94304.

MOLVAR, Allen E., Environmental R & D Director, Raytheon Company, P. O. Box 360, West Main Road, Portsmouth, Rhode Island, 02871.

MONTAGUE, Albert, EPA, 6th and Walnut Streets, Philadelphia, Pa. 19106.

MOSS, J. R., Union Carbide, P. O. Box 8361, South Charleston, West Virginia.

MUELLER, James A., Assoc. Professor Environmental Engineering & Science Program, Manhattan College, Bronx, New York, 10471.

NELSON, John K., Assistant Director Planning Operations, Metro Denver, 3100 East 60th Avenue, Commerce City, Colorado 80022.

NORKIS, Charles M., Sanitary Engineer, Philadelphia Water Department, Broad and Arch Streets, Philadelphia, Pa.

OLSSON, Gustaf, Assistant Professor, Division of Automatic Control, Lund Univ. Lund, Sweden.

PEIL, Kelly M., CPT/Engineering Branch Chief, USAMBRDL, Ft. Detrick, Frederick, Maryland, 21701.

PETERSEN, W. Carl, Associate-Instrumentation, Consoer Townsend & Associates, 360 Grand Avenue, Chicago, Illinois 60611.

POLTA, Robert C., Research Engineer, Metropolitan Sewer Board, 350 Metro Square Building, 7th and Robert Streets, St. Paul, Minn. 55101.

ROESLER, Joseph F., Sanitation Engineer, EPA, NERC, Cincinnati, Ohio 45268.

ROSENKRANZ, William A., Director, Municipal Pollution Control Division, EPA, 401 M Street, SW, Water Side Mall, Washington, D. C. 20460.

RYCKMAN, D. W., President, Ryckman-Edgerley-Tomlinson, 12161 Lackland Road, St. Louis, Missouri 63141.