

Professori Hans Blomberg: Suomen automaatiotutkimuksen ja –opetuksen kehittäjä

Martin Ollus

Auringonkuja 7 B 4, FIN-02210 Espoo
Tel: 0400 448714, E-mail: martin@ollus.net

Björn Wahlström

Djurholmsvägen 2, AX-22920 Brändö
Tel: 0400 448710, E-mail: bjorn.wahlstrom@aalto.fi

AVAINSANAT: automaation historia, automaatiotutkimus, automaatio-opetus, henkilökuva, elämäkerta

LYHENNELMÄ

Suomen teollisuuden menestykseen sotien jälkeen vaikutti merkittävästi prosessien tehokas käyttö, johon myös kuuluu kehittynyt automaatio. Professori Hans Blomberg (1919 – 2006) oli alueen keskeinen tutkija ja opettaja, joka myötävaikuttanut huomattavasti tuotantjärjestelmien hallinnan periaatteiden ja menetelmien ymmärtämiseen ja käyttöönottoon. Samalla hän koulutti ison määrän alan tutkijoita sekä ammattilaisia teollisuuden ja elinkeinoelämän tarpeisiin.

Hans Blomberg oli opetusmenetelmien uudistamisen edelläkävijä ja oli esimerkiksi Teknillisen korkeakoulun ensimmäisiä professoreita, jotka eivät vaatineet läsnäoloa luennoilla. Samoin hän käynnisti ensimmäisten professorien joukossa systemaattiset tohtoriopinnot. Hänen ohjauksessaan valmistui 22 tohtoria ja hänen laboratoriossaan työskennelleistä henkilöistä 16 on nimitetty professoreiksi eri korkeakouluihin ja tutkimuslaitoksiin. Korkeakouluverkosto laajeni voimakkaasti 1960-luvulla, mm. perustettiin teknilliset korkeakoulut Tampereelle (1965) ja Lappeenrantaan (1969). Blombergin oppilaat siirtyivät perustettuihin uusiin virkoihin. Voidaan perustellusti sanoa, että Blomberg tai hänen oppilaansa ovat kouluttaneet suurimman osan tämän päivän teollisuuden aktiivisista automaatioinsinööreistä. Blombergin omien oppilaiden nyt jäätyä eläkkeelle heidän kouluttamansa ”kolmas sukupolvi” on jatkanut työtä automaatioalan eteenpäin viemisessä.

1 URAN ALKUVAIHEET

Hans Blomberg syntyi Helsingissä 18. joulukuuta 1919. Hänen vanhempansa olivat Georg Fredrik Blomberg ja Naema Alina Nyström. Hän pääsi ylioppilaaksi Ruotsalaisesta normaalilyseosta vuonna 1937 ja aloitti asevelvollisuutensa talvisodan aikana maaliskuussa 1940. Hänet vapautettiin kuukauden kuluttua sairauden takia (Valtionarkisto, Hans Blombergin kantakortti). Jatkosodan aikana hän sai opintonsa valmiiksi ja valmistui ”oivallisesti” diplomi-insinööriksi Teknillisestä korkeakoulusta vuonna 1943.

Valmistumisensa jälkeen Hans Blomberg toimi testausinsinöörinä Oy Strömberg Ab:lla aikavälillä 1943 - 1944 sekä Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen tutkijana 1944 - 1956. Blomberg väitteli tekniikan tohtoriksi vuonna 1953 julkaisulla "Ett känsligt ljusvisarinstrument avsett för integrering av svaga elektriska spänningsimpulser

med avseende på tiden" /1/. Kertomansa mukaan hänen väitöskirjansa aihe johtui magneettimittauksissa esiintyneistä tarpeista /2/. Hän rakensi herkän instrumentin magneettivuon mittaamiseksi. Instrumentti oli μVs mittari, joka rekisteröi jännitepulssin aikaintegraalin. Riittävän tarkkuuden saavuttamiseksi tarvittiin automaattinen säätöjärjestelmä. Väitöskirjassa käsitellään järjestelmän periaatteita (Kuva 1).

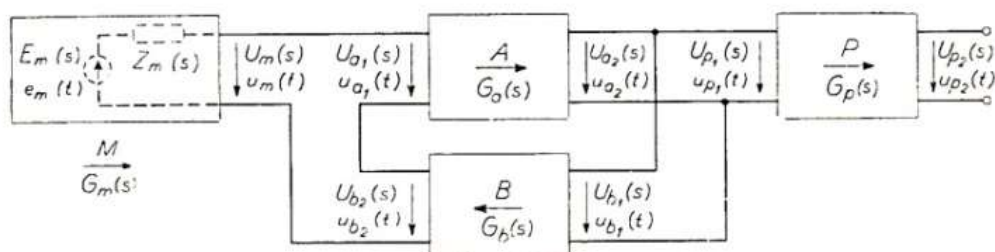


Fig. 3.1 Blockschema över ett automatiskt regleringssystem. M ordregivningselement; A regleringselement; B återkopplingsselement; P indirekt reglerat system.

Fig. 3.1 Schematic diagram of an automatic control system. M reference input element; A control element; B feedback element; P indirectly controlled system.

Kuva 1. Automaattisen säätöjärjestelmän kuvaus Hans Blombergin väitöskirjassa.

Instrumentti (Kuva 2) oli hyvin tärinäherkkä. Kun VTT muutti Otaniemeen 1960-luvulla, rakennettiin peruskallioon ankkuroitu alusta instrumenttia varten. Elektronisia instrumentteja ilmestyi kuitenkin aika nopeasti markkinoille ja Blombergin laitteen käyttö jäi.



Kuva 2. Hans Blomberg ja väitöskirjatyönä konstruoitu magneettivuon mittaajajärjestelmä

Hans Blomberg opetti Teknillisessä korkeakoulussa vaihtovirtateoriaa vuosina 1948 – 1954 ja hän julkaisi mm. monisteen ”Växelströmsteori”. Vuosina 1953 – 1956 hän opetti lisäksi myös sekä teoreettista sähkötekniikkaa että yleistä elektroniikkaa /3/.

2 PROFESSORI

2.1 Tutkimus ja opetus

Hans Blomberg nimitettiin 1953 Teknillisen korkeakoulun sähkötekniikan ruotsinkieliseen professuuriin. Hän sopi korkeakoulun sähkötekniikan osaston kanssa, että hän sai suunnitella opetusalaansa varsin vapaasti /2/. Väitöskirjatyönsä yhteydessä hän oli valvojansa akateemikko Erkki Laurilan ehdotuksesta tutustunut säätötekniikkaan ja innostunut aiheesta. VTT:llä hän oli myös soveltanut säätötekniikkaa. Hänelle oli luonnollista aloittaa opetus- ja tutkimustoimintaa tällä uudella alalla.

Kun Antti Niemi vuonna 1969 nimitettiin Teknillisessä korkeakoulussa perustetun säätötekniikan professuurin

professoriksi, Hans Blomberg keskittyi systeemiteorian tutkimiseen ja opetukseen. Samalla hänen laboratorionsa ruvettiin kutsumaan systeemiteorian laboratoriodiksi.

Blomberg oli edelläkävijä opetusmenetelmissä. Vuonna 1963 hän julkaisi monipuolisen ja perusteellisen kaksiosaisen luentomonisteen ”Regleringsteknikens teoretiska grunder” /4/. Kun kansainvälinen säätötekniikan organisaatio IFAC (International Federation of Automatic Control) vuonna 2006 julkaisi esimerkkejä historiallisista säätötekniikan oppikirjoista, Blombergin monisteet muodostivat akateemikko Laurilan monisteen ”Servotekniikan perusteet” vuodelta 1954 kanssa suomalaisia esimerkkejä /5/.



Kuva 3. Hans Blombergin käsin kirjoittama luentomonistesivu 1966.

Blomberg kirjoitti monisteet ruotsin kielellä, koska hänen professuurinsa oli ruotsinkielinen. Säätötekniikan jatkokursseilla hän jakoi jo 1960-luvun alussa luennoilla käsinkirjoitettuja spriimonisteita (Kuva 3) luentojen taustamateriaaliksi. Myöhemmin hänen sihteerinsä kirjoitti jaettavan materiaalin puhtaaksi kirjoituskoneella. Blomberg luopui ensimmäisten professorien joukossa läsnäolopakosta luennoillaan. Siitä huolimatta opiskelijat osallistuivat ahkerasti luentoihin. Tapa jakaa luentomateriaali kirjallisena levisi vähitellen koko korkeakouluun.

Opiskelijalevottomuudet 1970-luvulla johtivat muutoksiin sekä korkeakouluhallinnossa että tutkintovaatimuksissa. Teknillisen korkeakoulun opiskelijat tulivat mukaan hallintoon ja opetuksen suunnitteluun. He saivat myös suuret

mahdollisuudet valita kurssejaan sekä omasta että muista korkeakouluista. Teknillisen fysiikan osastossa perustettiin uusi teknisen matematiikan opintosuunta, jossa systeemiteoria suositeltiin sivuaineeksi. Samaan aikaan systeemiteorian laboratorio liitettiin matematiikan laitokseen. Muutosten seurauksena Blombergin luennoille tuli paljon opiskelijoita muilta osastoilta kuin sähkötekniikan osastolta. Kokeiltiin myös luentojen korvaamista seminaareilla. Osoittautui kuitenkin, että opetusmuoto ei ollut onnistunut ja palattiin luentomuotoiseen opetukseen /3/.

Hans Blomberg aloitti ensimmäisten joukossa systemaattiset tohtoriopinnot Teknillisessä korkeakoulussa. Ensimmäisiin liseniaattiseminaareihin osallistunut professori Boris Segerståhl kertoo, että Blomberg oli sekä inspiroiva että vaativa /6/. Hän edellytti, että assistentit hoitivat opetustehtävänsä ja samalla tekivät tutkimustyötä. Boris muistaa, kuinka hän Jaakko Kivisen kanssa keskusteli tutkimuksistaan Blombergin kanssa, joka antoi heille ensimmäisiä tutkimustehtäviä. Kivinen totesi, että tehtävät näyttivät aika helpoilta, jolloin professori vastasi kommentilla, joka Boriksen mukaan on yleispätevä tieteessä: ”Mikään ongelma ei ole niin

yksinkertainen, ettei sen ratkaiseminen muutu melkein mahdottomaksi pätevän tutkijan käsissä, mutta vain melkein”.

Jo 1960-luvulla ilmeni, ettei Teknillisen korkeakoulun matematiikan opetus ollut riittävää säätötekniikan ja systeemiteorian syvälliseen opiskeluun. Sen takia Blombergin tutkijoiden ja opettajien seminaareissa opiskeltiin matematiikkaa. Käsiteltiin mm. joukko-oppia, topologiaa, funktioanalyysia, algebraa ja stokastiikkaa. Blombergin assistentit Sampo Salovaara (nyk. Ruuth) ja Seppo Rickmann opiskelivat samanaikaisesti matematiikkaa Helsingin yliopistossa. Heidän aktiviteettinsa ja kiinnostuksensa matematiikkaan lisäsivät myös Blombergin innostusta alueeseen /7/. Opetuksen laatu näkyy mm. siitä, että moni säätö- ja systeemiteorian jatko-opiskelija on todettu päteväksi matematiikan tai sovelletun matematiikan professuuriin. Blombergin seminaareissa tarkasteltiin kriittisesti osallistujien tutkimustuloksia ja kehiteltiin ideoita yhdessä. Toimintatapa kehitti osallistujien tieteellisiä kykyjä. Tunnelma oli innostunut ja vapaa /8/.

Toisen maailmansodan jälkeen julkaistiin joukko perustavanlaatuisia tutkimustuloksia Blombergin alalla. Jo sodan aikana Norbert Wiener oli kehittänyt n.s. Wiener suodattimen. Richard Bellman määritteli dynaamisen optimoinnin vuonna 1953. Kolme vuotta myöhemmin Lev Pontryagin oppilaineen julkaisi maksimiperiaatteen, joka sai nimensä häneltä. Uusien saavutusten soveltamisesta oltiin erityisen kiinnostuneita avaruustekniikassa, mutta myös teollisuudessa laajemminkin. Ratkaisut edellyttivät numeerisia menetelmiä ja kun tietokoneet samanaikaisesti kehittyivät nopeasti, sovelluksia rupesi esiintymään.

Professori Blomberg seurasi aikaansa ja omaksui nopeasti uusia ideoita. Hänen seminaareissaan tutkittiin innokkaasti uusia saavutuksia esittäviä julkaisuja. Hän itse piti ensimmäisillä automaatiopäivillä vuonna 1966 tieteellisen täsmällisen, mutta samalla havainnollisen, esitelmän maksimiperiaatteesta /9/. Esitelmä julkaistiin jälkepäin vihkosena, jota käytettiin pitkään opetusmateriaalina. Blomberg edellytti, että systeemien ominaisuuksia kuvataan matemaattisen täsmällisesti, mutta kuitenkin mahdollisimman yksinkertaisesti. Hän mainitsi muutaman kerran 1960-luvulla avaruuden valloituksen alkuaikoina epäilevänsä, että Yhdysvaltojen ongelmat rakettiensa kanssa johtuivat epätarkkuuksista, joissa siirtofunktioiden napoja ja nollapisteitä oli supistettu. Sen ajan kirjallisuudessa oli tällaisia esimerkkejä, ja Blomberg epäili, että se saattoi olla raketin räjähtämisen syy.

Optimoinnin lisäksi lineaaristen differentiaali- ja differenssisysteemien algebrallinen teoria muodosti jo 1960-luvulla Blombergin laboratorion keskeisen tutkimuskentän. Työ jatkui 1970-luvulla ja vuonna 1983 Academic Press julkaisi kirjan ”Algebraic Theory for Multivariable Linear Systems”, jonka Blomberg kirjoitti Raimo Ylisen kanssa /10/. Kirja on yhteenveto lineaaristen systeemien teorian siihenastiset saavutukset. Kirja on edelleen ajankohtainen. Hans Blombergin tärkein oma tutkimusala oli joukko-oppi ja systeemialgebra, mutta hän teki myös teoreettista työtä tuotannon- ja varasto-ohjauksen sekä hierarkkisten systeemien koordinoinnin alueilla. Samanaikaisesti hän osallistui aktiivisesti ohjausongelmien ratkaisujen numeeristen menetelmien kehittämiseen.

Vuosittaisissa lisensiaattiseminaareissa käsiteltiin monipuolisesti systeemi- ja säätöteorian eri alueita. Aiheet liittyivät usein tiiviisti Blombergin ja hänen jatko-opiskelijoiden tutkimusaiheisiin. Käsiteltiin esimerkiksi lineaaristen systeemien teoriaa, optimisäätöä ja –menetelmiä, hajautettuja hierarkkisia systeemejä sekä yleistä systeemi- ja automaattiteoriaa. Jatko-opiskelijoiden ohjaukseen osallistui jo aikaisessa vaiheessa väitelleitä Blombergin oppilaita. Osalla oli jo 1970-luvun alussa professuureja. Heidän panoksensa helpotti Blombergin työtaakkaa, kun myös korkeakouluhallinto vei häneltä aikaa.

2.2 Muutakin kuin teoriaa

Vaikka Hans Blombergin oma tutkimustyö oli teoreettista ja monessa mielessä matemaattista, hänellä oli hyvä ymmärrys käytännön sovelluksista. Hänen perusajatuksensa oli, että menetelmäkehityksen pitäisi lähteä käytännön ongelmista ja tarjota niille laadukkaita ratkaisuja. Tämän takia hän osallistui myös soveltavaan tutkimustyöhön. Hän perehtyi perusteellisesti ongelmiin ja esitti omia ratkaisuehdotuksia /8/. Tarkat mallit ja systemaattinen työ johtivat usein innovatiivisiin ratkaisuihin /3/.

Tietokoneita ruvettiin 1960-luvulla soveltamaan tuotantoprosessien valvontaan ja hallintaan. Suomessa puunjalostus oli varhainen sovellusalue /11/. Blomberg innostui uuteen tapaan ohjata teollisuusprosesseja. Teknillinen korkeakoulu oli jo 1960 saanut ensimmäisen tietokoneensa, jota opiskelijat käyttivät ohjelmoinnin harjoitustöissään /12/. Vuoden 1968 alussa korkeakoulun sähkötekniikan osasto sai käyttöönsä tietokoneen, joka sijoitettiin Blombergin laboratorioon. Kone, IBM 1710, oli samanlainen kuin Ruotsissa ja Suomessa paperikoneiden ohjauksessa ja säädössä käytetyt tietokoneet /12/. Se soveltui prosessien digitaalisen ohjauksen tutkimukseen, koska se voitiin kytkeä ulkopuolisiin analogisiin järjestelmiin A/D ja D/A muuntimien ansiosta. Laboratorio tuli vuonna 1969 mukaan tuotekehitysprojektiin, jossa kehitettiin Nokia elektroniikan kanssa paperikoneiden säätöratkaisuja. Ratkaisut implementoitiin uudella prosessitietokoneella PDP8, joka myöhemmin tuli hyvin yleiseksi tietokoneeksi teollisuudessa. Työssä sovellettiin ensimmäistä kertaa Suomessa uusia optimointi- ja ohjausmenetelmiä teollisuusprosesseihin.

Vielä 1970-luvun alussa tietokoneiden kapasiteetti ei riittänyt monimutkaisten järjestelmien mallinnukseen ja simulointiin. Kapasiteettirajoitukset tulivat akuuteiksi Suomen ensimmäisten ydinvoimalaitosten rakentamisen yhteydessä, kun haluttiin tutkia sähköverkon ja uusien laitosten vuorovaikutusta simuloimalla. Tarkoitukseen hankittiin vuonna 1970 hybridikone, jossa laskenta voitiin tehdä sekä analogisella että digitaalisella tekniikalla /12/. Professori Blomberg oli akateemikko Laurilan kanssa aktiivinen hankinta-asiassa. Kone sijoitettiin systeemiteorian laboratorioon. Sen hallinnasta vastasi VTT:n sähkötekniillinen laboratorio. Hans Blomberg oli vielä siihen aikaan laboratorion sivutoiminen johtaja. Teknillinen korkeakoulu sai 20%:n käyttöoikeuden koneesta, jota käytettiin sekä tutkimuksessa että opetuksessa. Blombergin opiskelijat ja entiset oppilaat suorittivat suurimman osan ydinvoimaan liittyvästä tutkimustyöstä VTT:n johdolla.

Blombergin laboratorio osallistui myös yhdyskuntien jätevedenpuhdistuksen uusien menetelmien kehittämiseen 1970-luvun puolivälissä. Pääpaino oli biologisten puhdistusprosessien mallinnuksessa ja säädössä. Työn tuloksena oli huomattavaa sekä tieteellistä että käytännön osaamista liittyen biologisiin ja ekologisiin systeemeihin /2, 8/.

Tietokoneiden nopea kehitys mahdollisti vaativien optimointitehtävien ja laajojen simulointien numeerisen ratkaisun reaaliajassa. Systeemitekniikan laboratorio kehitti aktiivisesti menetelmiä näihin tarkoituksiin. Laboratoriossa kehitettiin myös ohjelmistopaketti lineaaristen systeemien analyysiin ja suunnitteluun. Paketti perustui laboratoriossa kehitettyyn symboliseen laskentaan. Eläkeläisenä Blomberg käytti pakettia ahkerasti tutkiessa systeemien rakenteellisia ominaisuuksia /8/.

4.3 Kansainvälisiä kontakteja

Säätö- ja systeemiteorian professorina Hans Blombergilla oli henkilökohtaisia kontakteja pohjoismaisiin professorikollegoihinsa, erityisesti Lundiin (Karl-Johan Åström) ja Trondheimiin (Jens Balchen), jotka kävivät usein hänen luonaan. Laboratorion julkaisut johtivat ajan mittaan siihen, että moni tunnettu systeemiteorian tutkija kävi Otaniemessä. Voidaan mainita esimerkiksi tunnetun Kalman suodattimen kehittäjä, professori Rudolf Emil Kalman sekä professori Lofti Zadeh, joka tunnetaan sumean logiikan teorioiden kehittämisen teknisten järjestelmien käsittelyssä.

Toinen usein nähty vieras oli professori Howard Harry Rosenbrock, Manchesterin yliopistossa toimivan Control Systems Centerin perustaja ja johtaja. Monimuuttujasysteemien lisäksi hänellä ja Blombergillä oli puutyöt yhteisenä harrastuksena. Professori Raimo Ylinen kertoo, että hänet oli kutsuttu päivälliselle Blombergin luo Rosenbrockin vierailun yhteydessä. Päivällisen aikana ei jäänyt aikaa keskustella systeemiteoriasta, koska koko aika meni siihen, että professorit vertailivat työstökoneittensa suorituskykyä ja muita ominaisuuksia /8/.

Hans Blombergin 60-vuotispäivälle julkaistiin vuonna 1978 juhla-kirja /13/. Kirja sisälsi usean tunnetun systeemi- ja säätöteorian tutkijan kirjoituksia. Niistä voidaan mainita esimerkiksi: Rudolf E. Kalman, George J. Klir, Jorma Rissanen ja Karl J. Åström. Lisäksi 23 Blombergin laboratoriossa vaikuttaneita henkilöitä osallistui omilla kirjoituksillaan. Kirja antaa hyvän katsauksen systeemiteorian tasosta siihen aikaan. Samalla se kuvaa Blombergin laboratorion laajaa ja monipuolista toimintaa /3/.

Vuonna 1978 Suomen säätöteknillinen seura (nyk. Suomen automaatioseura) oli IFAC:n seitsemännen maailmankongressin isäntänä. Professori Blombergin assistentit ja entiset oppilaat olivat aktiivisia järjestelytehtävissä ja esitelmöitsijöinä. Voidaan todeta, että hänen toimintansa oli merkittäväällä tavalla vaikuttanut siihen, että voitiin järjestää kongressi, joka oli aikaisemmin ollut lähinnä isoissa maissa kuten Neuvostoliitossa, USA:ssa, Iso-Britanniassa ja Ranskassa.

2.4 Korkeakouluhallinto

Professori Blomberg toimi opetuksesta vastaavana Teknillisen korkeakoulun vararehtorina vuosina 1981 – 1985. Silloisen rehtorin Paul Wuoren mukaan ajankohta oli kriittinen menossa olevan hallintouudistuksen takia /14/. Wuori korosti Blombergin merkitystä prosessin eteenpäin viemisessä ja korkeakoulun etujen puolustamisessa. Hänellä oli paljon ideoita. Keskusteluissa opetusministeriön kanssa hän oli terävä, mutta samalla taitava välttäänsä vastakkainasetteluja. Moni hänen ideoistaan tuli palautteena opetusministeriön esityksenä.

3 TOIMINTA VTT:n YHTEYDESSÄ

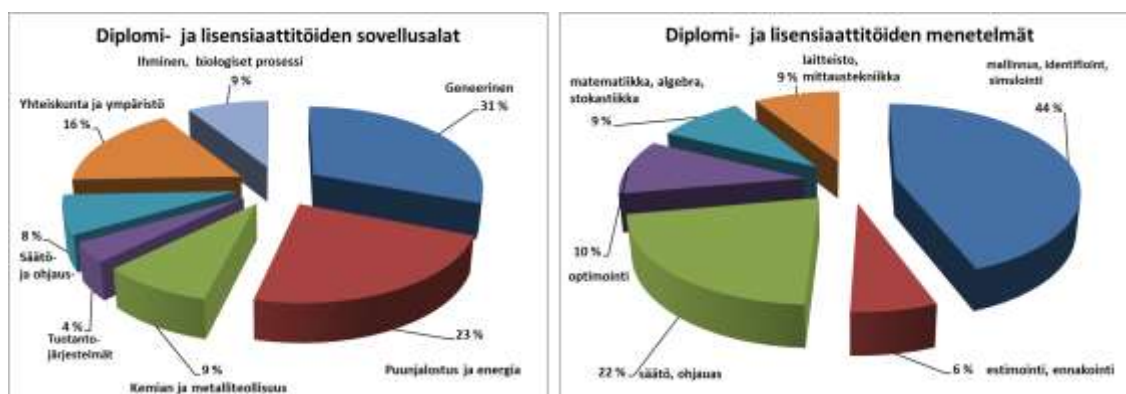
Uransa alkuvaiheissa Hans Blomberg toimi tutkijana VTT:llä ja teki siellä myös väitöskirjansa. Teknillisen korkeakoulun professorina hän hoiti sivutoimena VTT:n sähköteknillisen laboratorion johtajan tehtäviä vuodesta 1962 vuoteen 1972, jolloin hänen oppilaansa Pekka Salminen nimitettiin kokopäivätoimiseksi laboratorion johtajaksi. Blomberg toimi myöhemmin laboratorion neuvottelukunnan jäsenenä aikavälillä 1976 – 1984. Neuvottelukunnan puheenjohtajana hän oli 1981 – 1984.

Blombergin aikana VTT teki aktiivisesti uusia avauksia ja toiminta laajeni. Yllä mainittu hybridikone hankittiin Loviisan ydinvoimalaitosten ja kantaverkon dynamiikan tutkimiseen. Työssä kehitetyt mallit käytettiin simulointitutkimuksiin sekä eri säätöratkaisujen kehitykseen ja testaukseen. Simulointiaktiviteetit jatkuivat osallistumalla täyden mittakaavan operaattorien koulutussimulaattorin hankintaan. VTT:n tämän päivän automaatiotutkimus perustuu monella tavalla ydinvoimalaitosten yhteydessä tehtyyn tutkimustyöhön. Säätö- ja systeemiteorian parissa toimi ainoastaan pari henkilöä VTT:llä 1970-luvun alussa, kun vuosisadan lopussa aihepiirin parissa oli satakunta tutkijaa. Samalla VTT oli kasvanut kansainvälisesti tunnustetuksi toimijaksi alueella. Monta teollista innovaatiota on myös syntynyt. Ehkä tunnetuin oli Valmetin kanssa kehitetty uusi mikroprosessoripohjainen automaatiojärjestelmä DAMATIC, josta myös tuli kansainvälinen myyntimenestys /15/.

4 YHTEENVETO

4.1 Tutkimuksen sisällöstä

Kuten on jo korostettu, Hans Blombergin johdolla tehty tutkimustyö oli laaja-alainen. Liitteessä 1 on luettelo väitöskirjoista, joiden tekijät ovat olleet hänen oppilaitaan ja usein myös tehneet työtä hänen laboratoriossaan. Yli puolet eli 12 listatuista 23 väitöskirjasta eivät otsikon perusteella liity johonkin määrättyyn sovellusalaan, vaan aiheina ovat teorian tai menetelmien kehittäminen. Varsinaisista töistä usein kuitenkin löytyy sovellusesimerkkejä. Otsikossa mainitusta 11 sovellusalasta biotekniset ja ympäristöprosessit esiintyvät seitsemässä otsikossa ja kaikki nämä väitöskirjat on tehty 1980-luvulla.



Kuva 4. Hans Blombergin johdolla tehtyjen lisensiaatti- ja diplomitöiden jakautuma sovellusalojen ja käytettyjen menetelmien osalta.

Diplomi- ja lisensiaattitöiden luokittelu sekä sovellusalojen että tutkittujen menetelmien osalta otsikoiden perusteella on esitetty kuvassa 4. Systeemiteorian luonne teoreettisena aineena näkyy siinä, että noin kolmasosa töistä ovat geneerisiä ilman tiettyä sovellusalaa. Suomessa puunjalostusteollisuus ja energia muodostavat luonnollisesti suurimman sovellusalan. Suuri panostus jätevesien puhdistuksen tutkimiseen poiki myös huomattavan määrään yhteiskunta- ja ympäristöalueen töihin 1980-luvulla.

Menetelmäpuolella systeemien identifiointi ja mallinnus sekä simulointi muodostavat suurimman ryhmän. Ryhmä säätö ja ohjaus on myös merkittävä. Blombergin pyrkimys ratkaista käytännön ongelmia heijastuu tästä.

4.2 Blombergin perinnöstä

Kun Hans Blomberg jäi eläkkeelle 1985, systeemiteorian laboratorio lakkautettiin. Hän sanoi itse, että systeemiteorian suuntaus oli tullut abstraktiksi, eikä sen takia ollut tarvetta jatkaa /2/. Säätö- ja systeemiteorian jatkui muissa yhteyksissä. Teknillisessä korkeakoulussa professori Raimo Hämäläinen tutki ja opetti systeemianalyysia ja professori Antti Niemi toimi säätötekniikan professorina. Antti Niemen jäätyä eläkkeellä Blombergin oppilas Arne Halme nimitettiin säätötekniikan professoriksi. Hans Blombergin ruotsinkielisen professuurin opetusalaaksi määriteltiin uudelleen käsittämään teollisuustuotannon tietotekniikkaa ja sen haltijaksi valittiin professori Hans Andersin. Blombergin mielestä professuuri tuli tällä tavalla lähemmäksi käytäntöä. Otaniemen lisäksi hänen oppilaansa jatkoivat Blombergin vuonna 1956 aloittamaa toimintaa Tampereella, Oulussa ja Lappeenrannassa. Sen jälkeen toiminta on kasvanut voimakkaasti. Voidaan arvioida, että 30 vuotta Blombergin eläkkeelle jäämisestä Suomen yliopistoissa ja korkeakouluissa on noin 40 professuuria, joiden opetus- ja tutkimusala liittyy systeemiteoriaan ja automaatioon. Hänen oppilaansa ovat lisäksi toimineet professoreina myös muilla aloilla, mikä ilmenee liitteessä olevasta professori-luettelosta, jossa on lueteltu 16 professoria, jotka ovat uransa aikana toimineet Blombergin laboratorioissa. Suuri osa näistä professoreista on jo eläkeiässä ja heidän oppilaansa jatkavat alalla.

Blombergin ja hänen oppilaittensa kouluttamat insinöörit ja muut henkilöt ovat jo vaikuttaneet Suomen talouselämässä noin puoli vuosisata. He muodostavat huomattavan osan automaatioalan asiantuntijoistamme, mutta moni on myös luonut uraa muilla aloilla ja yritysten johtotehtävissä. Yksi merkittävä tekijä oli hänen oppiaineensa pyrkimys ymmärtää systeemejä, niiden vuorovaikutusta ja dynamiikkaa, eli miten syy- ja seuraussuhteita vaikuttavat näiden käyttäytymiseen. Tätä voidaan kutsua systeemiajatteluksi.

Hans Blomberg kuoli 2006. Hän oli Svenska Tekniska Vetenskapsakademinin jäsen vuodesta 1958 ja Teknillistieteiden Akatemian jäsen vuodesta 1963.

Tämä artikkeli perustuu henkilökuvaan, joka on ruotsinkielisten insinöörijärjestöjen julkaisemassa keväällä 2017 ilmestyvässä kirjassa ”Jakten på innovationer” /16/.

5 VIITTEET

- /1/ Blomberg, Hans, *Ett känsligt ljusvisarinstrument avsett för integrering av svaga elektriska spänningsimpulser med avseende på tiden*, Helsingfors: Statens Tekniska Forskningsanstalt, publikation 25 1953.
- /2/ Wahlström, Björn & Haapanen, Pentti & Hossi, Hannu & Huovinen, Tapio, *SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIKAN LABORATORIO 50 vuotta toimintaa*, Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1992.
- /3/ Lehtonen, Jaakko, *Vahvavirtatekniikan emeritusprofessorit*, Teknillisen korkeakoulun Sähköverkot ja suurjännitetekniikan julkaisuja 2007.
- /4/ Blomberg, Hans, *Regleringsteknikens teoretiska grunder, del 1 och del 2*, Helsingfors: Tekniska högskolan, kompendium 169 (del 1) och kompendium 182 (del 2), 185 + 195 sidor 1963.
- /5/ Gertler, Janos (ed.), *Historical Control Textbooks*, Oxford: Elsevier Ltd 2006.
- /6/ Segerståhl, Boris, Haastattelu, 7.3.2013
- /7/ Ruuth, Sampo, Haastattelu, 16.3.2013
- /8/ Ylinen, Raimo, Keskusteluja syksyllä 2015.
- /9/ Blomberg, Hans, ”Inblick i regleringsteknikens optimeringsidéer”, *Automaatiopäivät -66*, Suomen säätöteknillinen seura, Helsinki 1966.
- /10/ Blomberg, Hans & Ylinen, Raimo, *Algebraic Theory for Multivariable Linear Systems*. London: Academic Press 1983.
- /11/ Wahlström, Björn & Ollus, Martin (toim.), *Systeemiteoria ennen ja nyt - systeemit muuttuvassa maailmassa*, Aalto-yliopiston julkaisusarja, TIEDE + TEKNOLOGIA 6 2014. Voidaan ladata osoitteesta: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-5669-2>.
- /12/ Wahlström, Björn, ”Automaattinen tietojenkäsittely Teknillisen korkeakoulun sähköteknillisellä osastolla”, *IBM katsaus* nro 4 1968.
- /13/ Halme, Aarne & Hämäläinen, Raimo P. & Ristaniemi, Olli, ”Topics in Systems Theory. Publication in honour of Professor Hans Blomberg on the occasion of his sixtieth birthday on December 18th, 1979”, *Acta Polytechnica Scandinavica* 1979.
- /15/ Wahlström, Björn & Juusela, Arto & Ollus, Martin & Närväinern, Pekka & Lehmus, Ismo & Lindqvist, Pertti, “A distributed control system and its application to a board mill”, *Automatica*, vol. 19, No 1 1983.
- /16/ Ollus, Martin & Wahlström, Björn, ”Professor Hans Blomberg, Pionjären inom den finländska automationsforskningen och –utbildningen”, *Jakten på innovationer*, vol. 8 sarjassa FINLANDSSVENKA TEKNIKER, Tekniska föreningen i Finland, 2017.

Liite 1. Väitöskirjoja systeemiteoriasta

Alla oleva lista käsittää Teknillisen korkeakoulun systeemiteorian laboratoriossa ja sitä edeltäneessä säätötekniikan laboratoriossa opiskelleiden tai työskennelleiden henkilöiden systeemiteoriaa ja sen sovellutuksia käsitelleitä väitöskirjoja.

Blomberg, Hans: A sensitive mirror instrument for integration of small electric voltage impulses respect to time. 1953.

Rissanen, Jorma: On the theory of self-adjusting systems designed by use of a functional derivate technique. 1965.

Salovaara (nyk. Ruuth), Sampo: On set theoretical foundations of system theory. A study of state concept. 1967.

Karttunen, Pauli: Dynamic model systems and time optimal position control of the induction machine. 1968.

Segerståhl, Boris: On the computation of density functions of parameters in stochastic systems. 1969.

Halme, Aarne: Polynomial operators for nonlinear systems analysis. 1972.

Golemanov, Ljudmil A.: Systems theoretical approach in the projecting and control of industrial production systems. 1972.

Orava, Jussi: State estimation of polynomial type nonlinear differential systems. 1975.

Hämäläinen, Raimo P.: Optimal controller design by nonlinear and game theoretic methods. 1976.

Kivinen, Jaakko: Hierarchical systems approach applied to planning and control in corporations. 1977.

Hakkala, Lauri: On two-level methods for online coordination of dynamical systems. 1978.

Lautala, Pentti: Some mathematical techniques for the solution of dynamical optimization problems; application to hydro-electric power plant systems. 1978.

Nihtilä, Markku: Deterministic filtering algorithms for non-linear differential systems. 1979.

Ylinen, Raimo: An algebraic theory for analysis and synthesis of time-varying linear differential systems. 1980.

Holmberg, Andrea: A systems engineering approach to biotechnical processes: experiences of modelling, estimation and control methods. 1981.

Ranta, Jukka: On the mathematical modelling of microbial age dynamic and some control aspects of microbial growth processes. 1982.

Hirvonen, Juhani: Two-level solution strategies for constrained optimal control problems. 1982.

Eirola, Timo: A study of the back- and forth shooting method. 1985.

Pingoud, Kim: Hydrologic modelling of infiltration and overland flow in rainfall-runoff processes. 1985.

Kaitala, Veijo: Game theory models of dynamic bargaining and contracting in fisheries management. 1985.

Hämäläinen, Jari: Analysis of left ventricular function by optimization models. 1988.

Mäkelä, Annikki: Models of pine stand development: an eco-physiological systems analysis. 1988.

Sievänen, Risto: Construction and identification of models for tree and stand growth. 1992.

Liite 2. Professoreita Systemiteorian laboratorista

Eirola, Timo, TKK (nyk. AaltoY) matematiikka

Golemanov, Ljudmil A., STY säätö- ja systemiteoria VY automaatiotekniikka

Halme, Arne, TTKK säätötekniikka, OY säätö- ja systemitekniikka TKK (nyk. AaltoY), Automaatiotekniikka

Hämäläinen, Raimo P., TKK (nyk. AaltoY) sovellettu matematiikka (systemianalyysi)

Kaitala, Veijo, JY ekologia ja ympäristöhoito HY populaatioekologia

Karttunen, Pauli, TTKK (nyk. TTY) sähkötekniikka (säätötekniikka)

Lautala, Pentti, TTKK (nyk. TTY) säätötekniikka

Mäkelä Annikki, HY metsänhoitotiede

Ranta, Jukka (Jukka-Pekka), VTT automaatiotekniikka, TKK tuotantotalous

Rickman, Seppo, HY matematiikka

Salminen, Pekka, VTT sähkötekniikka

Salovaara (nyk. Ruuth), Sampo, TKK matematiikka

Segerståhl, Boris, TTKK säätötekniikka, OY säätö- ja systemitekniikka

Sinervo, Jyrki, LTTK (nyk. LTY) säätötekniikka ja sovellettu elektroniikka

Wahlström, Björn, VTT sähkötekniikka, systemitekniikka

Ylinen, Raimo, OY automaatiotekniikka

Lyhenteet:

AaltoY Aalto-yliopisto

HY Helsingin yliopisto

JY Jyväskylän yliopisto

LTKK Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu

LTY Lappeenrannan teknillinen yliopisto

OY Oulun yliopisto

STY Sofian teknillinen korkeakoulu

TKK Teknillinen korkeakoulu

TTKK Tampereen teknillinen korkeakoulu

TTY Tampereen teknillinen yliopisto

VTT Valtion teknillinen tutkimuskeskus (nyk. Teknologian tutkimuskeskus VTT)

VY Vaasan yliopisto