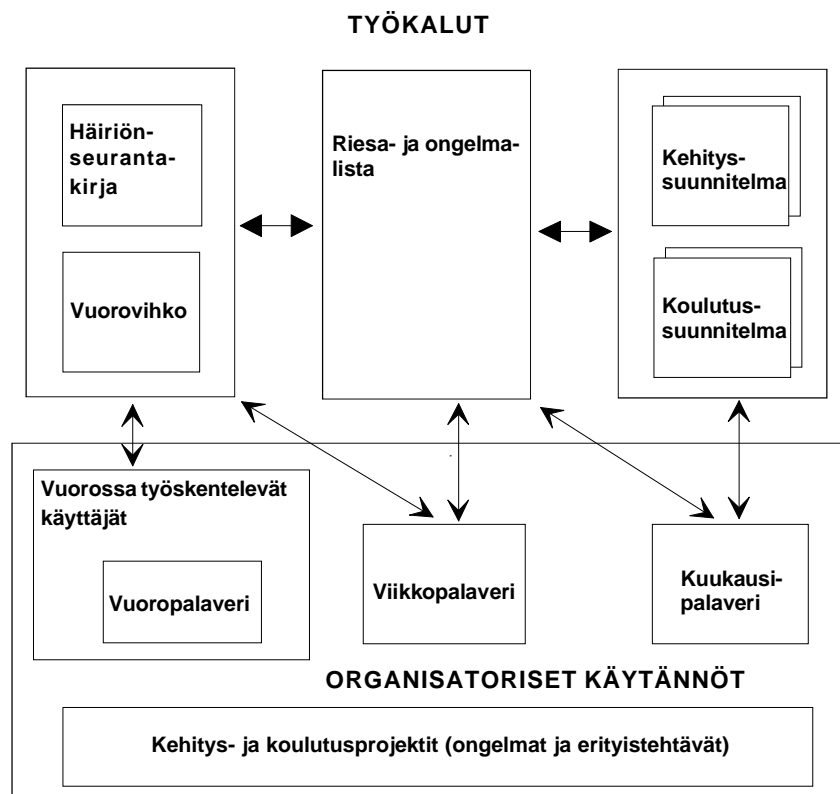


Raimo Hyötyläinen & Iris Karvonen

Häiriönseurannan organisointi- ja analysointimenetelmät



Häiriönseurannan organisointi- ja analysointimenetelmät

Raimo Hyötyläinen & Iris Karvonen

VTT Automaatio



ISBN 951-38-5678-X (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5679-8 (URL:<http://www.inf.vtt.fi/pdf>)
ISSN 1455-0865 (URL:<http://www.inf.vtt.fi/pdf>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2000

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Automaatio, Teollisuusautomaatio, Tekniikantie 12, PL 1301, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 6752

VTT Automation, Industriautomation, Teknikvägen 12, PB 1301, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 6752

VTT Automation, Industrial Automation, Tekniikantie 12, P.O.Box 1301, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 6752

Hyötyläinen, Raimo & Karvonen, Iris. Häiriönseurannan organisointi- ja analysointimenetelmät [Organizing and analyzing methods for disturbance control]. Espoo 2000, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2035. 91 s. + liitt. 5 s.

Avainsanat production automation systems, disturbance control systems, development activity, flexible manufacturing systems

Tiivistelmä

Tutkimushankkeessa on luotu tuotantoautomaatiojärjestelmän häiriönseurantaa ja kehitystoimintaa tukeva menetelmä- ja välinepaketti, johon liittyy myös menetelmien käyttöä edistävät toimintamallit. Menetelmäpaketin avulla tuotantoautomaatio-järjestelmiä käyttävät yritykset kykenevät käynnistämään häiriönseurannan ja sille perustuvan kehitystoiminnan.

Osa menetelmäpaketista ja sen välineistä on saatettu tietojärjestelmällä ylläpidettäväksi. Tutkimushankkeessa on rakennettu tietotekninen protojärjestelmä, johon on syötetty aineistoa aikaisemmista tapaustutkimuksista.

Kolmen aikaisemman tapaustutkimuksen avulla on analysoitu joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotossa ja käytössä esiintyviä häiriöitä, käyttäjien häiriönhallintaa sekä valmistusjärjestelmän toimintaan kohdistuvaa kehitystyötä.

Tutkimushankkeen tulokset sekä kehitetty menetelmä- ja välinepaketti tarjoavat mahdollisuuden jatkossa arvioida häiriönseurannan ja kehitystoiminnan onnistumista yrityksissä sekä kehittää välinepaketin pohjalta uusia yrityskohtaisia sovelluksia sekä ohjelmistotuotteita.

Hyötyläinen, Raimo & Karvonen, Iris. Häiriönseurannan organisointi- ja analysointimenetelmät [Organizing and analyzing methods for disturbance control]. Espoo 2000, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2035. 91 p. + app. 5 p.

Keywords production automation systems, disturbance control systems, development activity, flexible manufacturing systems

Abstract

In this study disturbance control and development activity based on that are on the focus. The analysis of the results of two case studies done in the study showed that the implementation process of technical change consisted of many disturbance control activities and a series of problem solving and development steps taken by the user organization and operators. The analysis also confirmed that disturbance control and development activity is a continuous effort in the operation of manufacturing systems. The role of the operators is central in the management of disturbances and initiating development activities. However, the network relations inside the organization support the solving of problems. Many problems have manifold reasons. This kind of problems can only be solved in the cooperation of several functions in the organization. The cooperation in the handling of disturbances and making development activity makes it possible to create integrated problem-solving cycles in the organization, which progresses the efficient disturbance control and development activity in the organization.

In this study the organizing and analyzing method for disturbance control is created. The models of action that support the use of the method are also formulated. By the help of this method palette firms using production automation systems are able to start disturbance control and development activity. The method is based on the analysis of three former case studies. In the case studies, disturbances occurring in the implementation and use of flexible manufacturing systems, disturbance control done by the users, and the development activity concerning the activity of the manufacturing system were studied and analyzed during many years in each case.

The information system supporting disturbance control and development activity are specified and described in the study. A part of the method palette and its tools are brought into the software system. The system is by its nature proto system. The operation of the system were tested by inserting to it information material from the former case studies the results of which are analyzed in the study.

The results of the study and the method and tools palette developed in the study project offer the opportunity to assess the success of the disturbance control and development activity in the firms and to develop new firm specific applications and software systems.

Alkusanat

Valmistusjärjestelmien toimivuuden ja taloudellisuuden kannalta esiintyvillä häiriöillä on suuri merkitys. Häiriöt voidaan muuttaa toiminnan kehityksen lähteeksi. Tämä edellyttää systemaattisia häiriönseurantaa ja kehitystoimintaa tukevia menetelmiä ja välineitä. Häiriönhallinnan organisointi- ja analysointimenetelmät -kehittämishankkeessa on kehitetty häiriönseurannan ja kehitystoiminnan menetelmä- ja välinepaketti. Osa tästä on integroitu Delphi 3 -ohjelmistolla luoduksi ohjelmistokokonaisuudeksi.

Häiriönseurantaa voidaan käyttää hyväksi erilaisissa tuotantojärjestelmissä. Projekti keskittyi erityisesti joustaviin automaattisiin valmistusjärjestelmiin. Luotu ohjelmisto soveltuu laajemminkin solutason häiriönseurantaan ja siihen tukeutuvaan kehitystoimintaan. Ohjelmisto perustuu VTT Automaatiassa laadittuun määrittelyyn tietojärjestelmästä, jonka avulla on mahdollista hyödyntää häiriötietoa yhtenä oppimisen, kehitystoiminnan ja jatkuvan parantamisen menetelmänä.

Häiriönhallinnan organisointi- ja analysointimenetelmät -kehittämishanke on Tekesin ja VTT:n rahoittama projekti. Projekti on toteutettu ajalla 1.4.1995–31.11.1997 VTT Automaation tuotantotalouden ryhmässä. Projektin yhtenä tehtävänä oli kehittää tietojärjestelmä häiriönseurannan tueksi. Sen lisäksi tehtävänä oli testata ohjelmistoa yritysaineistolla. Tehtävänä oli edelleen tuottaa häiriönseurannan ja kehitystoiminnan organisointimenetelmät.

Projektin johtoryhmän on muodostanut toimitusjohtaja Ilkka Mäkinen Tietolinja Oy:stä, erikoistutkija Markku Oikarainen Tekesistä, projektipäällikkö Ilkka Niemelä METistä, erikoistutkija Martin Ollus VTT Automaatiosta ja erikoistutkija Harri Jokinen VTT Valmistustekniikasta. Projektipäällikkönä on toiminut erikoistutkija Raimo Hyötyläinen VTT Automaatiosta.

Tässä julkaisussa esitetään projektin kuluessa analysoituja malleja ja läpikäytyjen tapaustutkimusten häiriötiedot, häiriönhallintamenettelyt ja kehitystoimet sekä tältä pohjalta VTT Automaatiassa laadittu määrittely tietojärjestelmästä. Määrittely tietojärjestelmän tarkoituksena on tukea valmistusjärjestelmän käyttäjiä häiriönseurannassa ja -hallinnassa sekä kehitystoiminnan toteuttamisessa. Kaikkia esitetyjä toimintoja ja käyttötapoja ei voitu toteuttaa luotuun tietojärjestelmään projektin kuluessa. Toteutettavat piirteet jouduttiin priorisoimaan. Määrittely soveltuu pohjaksi yritys kohtaisten tarpeiden kartoitukselle ja sovellusten suunnittelulle.

Julkaisun luvut 1–8 ja 10 on kirjoittanut Raimo Hyötyläinen. Erikoistutkija Iris Karvonen VTT Automaatiosta on kirjoittanut luvun 9. Liitteen 1 on kirjoittanut erikoistutkija Jorma Fieandt VTT Automaatiosta.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	4
Alkusanat.....	5
1. Johdanto.....	8
2. Tutkimuksen tavoitteet ja toteutustapa.....	12
3. FM-järjestelmien hyödyt.....	14
3.1 Odotetut hyödyt.....	14
3.2 Organisaation sopeuttamisongelmat.....	16
3.2.1 Suunnittelu- ja käyttöönottoprosessin hallintaongelmat.....	16
4. Käyttöönotto teknis-organisatorisena innovaatioprosessina.....	18
4.1 Käyttöönottoprosessi.....	18
4.2 Käyttö ja kehittämistoiminta.....	19
5. Käyttöönotto- ja käyttöstrategiat.....	21
5.1 Tekniikkakeskeinen konsepti ja työnjaollinen organisaatio.....	22
5.2 Käyttäjakeskeiset järjestelmät ja ryhmäorganisaatio.....	24
5.3 Kevyen tuotannon malli.....	27
5.4 Käyttäjätöiminta.....	32
6. Kaksi tapaustutkimusta: häiriönhallinta ja kehitystoiminta käyttöönotossa ja käytössä.....	34
6.1 Järjestelmän A käyttöönotto- ja käyttöprosessi.....	34
6.1.1 Käyttöönotto.....	34
6.1.2 Käyttö ja kehittämistoiminta.....	37
6.1.3 Yhteenvedo.....	39
6.2 Järjestelmän B käyttöönotto- ja käyttöprosessi.....	40
6.2.1 Käyttöönotto.....	40
6.2.2 Käyttö ja kehittämistoiminta.....	41
6.2.3 Yhteenvedo.....	47
6.3 Yhteenvedo: Häiriönhallinta ja kehittämistoiminta järjestelmien käytössä.....	48
7. Solumallit ja kehitystoiminta.....	52
7.1 Tuotanto- ja solumallit.....	52
7.2 Verkostosoluorganisaatio.....	55

7.3	Suomalaiset solumallit	57
8.	Häiriönhallinnan ja kehitystoiminnan menetelmät ja organisaatiokäytännöt	61
9.	Häiriönhallintaa ja kehitystoimintaa tukevan tietojärjestelmän määrittely.....	64
9.1	Tavoitteet.....	64
9.1.1	Käyttökohteet.....	64
9.1.2	Käytön tuki	64
9.1.3	Kehitystoiminta ja jatkuva parantaminen	65
9.2	Järjestelmän käyttö	65
9.2.1	Tietojärjestelmän tuoma hyöty	65
9.2.2	Käyttäjät.....	66
9.2.3	Käyttöympäristö	66
9.2.4	Käyttötilanteet.....	67
9.3	Tietosisältö	69
9.3.1	Tiedon lähteet	69
9.3.2	Kerättävät tiedot.....	70
9.4	Toimintoryhmät.....	71
9.4.1	Toimintojen pääryhmät.....	72
10.	Johtopäätökset	78
	Lähdeluettelo	80

LIITE

Häiriönhallintajärjestelmän rakenne ja toiminta

1. Johdanto

Viime aikoina on kasvavassa määrin kiinnitetty huomiota teknologisen prosessi-innovaation soveltamiseen käyttäjäorganisaatioissa, mitä tarkastellaan myös *innovaatio-prosessina* (Voss 1988a ja b; Dosi 1988; Gerwin 1988; Boer 1991; Hietanen 1993; Slaughter 1993; Hyötyläinen 1993 ja 1998; Small and Yasin 1997). Tähän on nähty olevan neljä perustetta. Ensinnäkin voidaan puhua innovaatiosta, jos kyseessä on käyttöorganisaation kannalta uuden teknisen järjestelmän soveltaminen. Toiseksi uusi järjestelmä täytyy sopeuttaa yrityksen olemassa oleviin organisaatiokäytäntöihin, prosesseihin ja työmenetelmiin. Kolmanneksi teknisen järjestelmän soveltaminen muuttaa samalla tuotantotoiminnan rakenteita ja käytäntöjä, mikä edellyttää myös organisatorisia muutoksia. Neljänneksi valmistusjärjestelmän käyttö edellyttää jatkuvaa kehitystoimintaa. Käytössä tapahtuu myös uusia ”käyttöönotto vaiheita”, kun tekniikassa, tuotteissa tai organisaatioissa tapahtuu muutoksia (ks. Van de Ven 1986; Urabe 1988).

Tutkimuksen lähtökohtana on, että yritysten uudet toimintavaatimukset merkitsevät sitä, että tuotantoa ei voida tarkastella yksinomaan joustavuuden näkökulmasta. Enää ei riitä, että pyrkimyksenä on vain valmistusjärjestelmän operatiivisen joustavuuden lisääminen, missä keskeisinä keinoina ovat olleet prosessi- ja ohjaustekniset ratkaisut (ks. Abernathy ym. 1983; Cohen & Zysman 1987; Dertouzos ym. 1989; Ollus ym. 1990; Cusumano 1992; Alasoini ym. 1994). Muuttunut ja muuttuva toimintaympäristö pakottaa tarkastelemaan tuotantoa jatkuvasti mukautuvana ja kehittyvänä toimintana, ”oppivana organisaationa” (ks. Deitz 1988; Martin 1990; Sohlenius 1990; Udwadia 1990; Hirsch ym. 1992; Leonard-Barton 1992; Garvin 1993; Nonaka & Takeuchi 1995; Sherman & Schultz 1998). Tästä johtuen kilpailuetua ei voida saavuttaa pelkästään soveltamalla teknisiä järjestelmiä. Keskeistä on *toiminta- ja työorganisaatiomallien kehittäminen*. Teknisten järjestelmien käyttöönoton täytyy vahvistaa organisatorista yhteistoimintaa ja auttaa vähentämään organisatorisia raja-aitoja sekä tukea organisatorista oppimista (ks. Lay 1990; Kidd 1990; Corbett ym. 1991; Adler & Cole 1993; Davenport 1997; Checkland & Holwell 1998).

Näissä oloissa ratkaisevaksi muodostuu uuden teknisen järjestelmän käytön hallinta ja toiminnan kehittäminen. Jatkuvan muutoksen ja kehityksen vaatimukset asettavat perinteisen valmistusjärjestelmän suunnittelun ja käytön välisen jyrkän jaon ongelmalliseksi (Nadler & Robinson 1987; Boedker & Gronbaek 1996; Hyötyläinen 1998). Tutkimuksessa teknisen järjestelmän käyttöönottoprosessia tarkastellaan teknis-organisatorisena innovaatio-prosessina, jonka ei nähdä päätyvän suunnitteluvaiheeseen vaan jatkuvan käyttöönotto vaiheessa ja vielä käytössä. Tämä merkitsee, ettei suunnittelun voida katsoa loppuvan suunnitteluvaiheessa vaan jatkuvan käyttöönotto vaiheessa ja käytössä valmistusjärjestelmän parannus- ja kehitystoiminnan edellyttämänä suunnittelutoimintana (ks. Jones 1989; Cole 1994; Winter 1996). Tässä

prosessissa käyttäjien merkitys on keskeinen. Tätä varten on välttämätöntä luoda käyttöorganisaatioon sellainen organisatorinen ammattitaitoperusta ja yhteistoimintamalli, joka pystyy jatkuvaan toiminnan parantamiseen.

Tuotantoautomaation kehityksen myötä on mahdollistunut entistä joustavampien ja integroituneempien järjestelmien käyttöönotto metalli- ja konepajateollisuudessa. Järjestelmien monimutkaistuessa ja laajetessa myös järjestelmien tuotannollinen merkitys ja investointikustannukset ovat kasvaneet. Tuotannon kehittämisen ja tuottavuuden nostamisen kannalta on oleellisen tärkeää, että käyttöönotettavat kalliit tuotantoautomaatiojärjestelmät saadaan nopeasti tehokkaaseen käyttöön ja että niiden toimintaa kyetään edelleen kehittämään (Boer 1991; Hyötyläinen 1993 ja 1998).

Joustavan automaattisen valmistusjärjestelmän toimivuuden ja taloudellisuuden ja turvallisen käytön kannalta *suhtautuminen järjestelmän häiriöihin* on ratkaisevaa. Häiriö on paitsi uhka järjestelmän toiminnalle samalla myös sen kehitysmahdollisuus. Tutkimusten mukaan esimerkiksi FM-järjestelmissä sattuu häiriö 0,5–2 tunnin välein. Häiriöt palautuvat syiltään teknisiin ongelmiin, käyttäjien toimintaan ja organisaation yhteistoimintaan. Luonteenomaista useille häiriöille on se, että niillä on monimutkaiset syyketjut (Toikka ym. 1991 ja 1995; Toikka & Kuivanen 1993; Kuivanen 1996).

Häiriöt ja esiintyvät ongelmat voidaan kääntää voitoksi eli toiminnan kehityksen lähteeksi. Ennakoivan, järjestelmän jatkuvan kehittämiseen sulautuvan häiriönhallinnan merkitys on keskeinen järjestelmän toimivuuden ja taloudellisuuden turvaamiselle. Tämä edellyttää systemaattista lähestymistapaa ja menettelyä ongelmien tarkasteluun ja ratkaisemiseen. Tässä keskeissä asemassa ovat (ks. Hyötyläinen 1998):

- käyttäjien työtehtävien laajentaminen ja yhteistoiminnan lisääminen niin käyttäjäryhmän sisällä kuin tukitoimintojenkin kanssa
- systemaattiset häiriönhallintaa ja kehitystoimintaa tukevat menetelmät ja välineet.

Käytössä olevat *toiminta- ja työorganisaatiomallit* eivät tue parhaalla mahdollisella tavalla uudenlaista häiriönhallintaan ja kehitystoimintaan suuntautuvaa toimintatapaa. Tutkimusten mukaan esimerkiksi FMS-käyttäjiksi valitaan usein parhaat ammattimiehet vanhasta tuotannosta. Työ organisoidaan enemmän tai vähemmän ryhmätyöksi. Ongelmana tässä on kuitenkin se, että käyttäjäryhmän katsotaan vain vähäisellä lisäkoulutuksella kykenevän selviytymään yksin FMS:n käyttötehtävistä (Toikka & Kuivanen 1993; Hyötyläinen 1993 ja 1998; Fix-Stertz ym. 1990; Jaikumar 1986). Suhteet muuhun organisaatioon jäävät helposti satunnaisiksi. Tällöin toiminnan ja järjestelmän kehitystyön edellyttämät organisatoriset yhteistyö- ja verkostosuhteet eivät ole tukemassa käyttäjien ja tukitoimintojen yhteistä häiriöiden ja ongelmien käsittelyä ja ratkaisua.

Organisatorisen yhteistyön aikaansaaminen edellyttää eri toiminnoissa olevien henkilöiden motivoitumista ja sitoutumista sekä *systemaattisia menettelytapoja ja välineitä*. Uudenlainen toimintatapa ei onnistu ilman käyttöä ja kehitystoimintaa tukevia malleja ja menetelmiä (Lillrank 1990; Nonaka 1991; Engeström 1994; Virkkunen ym. 1999). Tutkimusten mukaan uusia menetelmiä ja välineitä tarvitaan erityisesti (ks. Norros ym. 1988; Toikka ym. 1991 ja 1995; Toikka & Kuivanen 1993; Hyötyläinen 1993 ja 1998; Alasoini ym. 1994):

(1) *Häiriönseurantaan ja häiriönhallinnan kehittämiseen*. Häiriönseurantalomakkeet ja niistä tehdyt yhteenvedot, riesalistat ja häiriönpoisto-ohjeet tukevat häiriöiden poistoa ja ehkäisemistä.

(2) *Häiriön seurantaan perustuvan ongelmanratkaisun ja kehitystoiminnan tueksi*. Systemaattiset ongelmanratkaisun menetelmät, jotka perustuvat erilaisten matriisien, syypuiden ja toimenpidelomakkeiden käyttöön, ovat välttämättömiä monimutkaisten toiminnallisten ongelmien ratkaisemisessa ja toimenpiteiden kohdistamisessa.

Ongelmana on se, että nykyisin järjestelmissä ei ole käytössä systemaattisia menetelmiä tai välineitä näiden asioiden hoitamiseen (Lakso ym. 1991; Hyötyläinen 1998). Eri järjestelmissä on otettu käyttöön satunnaisia menetelmiä, kuten uuden järjestelmän takuuajan käyttösuhteen seuranta.

Tutkimushankkeessa on keskitytty tarkastelemaan erityisesti FM-järjestelmien (FMS, Flexible Manufacturing System) käyttöönotto- ja käyttöprosessia ja sen hallintaa. Tutkimuksessa käsitellään FM-järjestelmän häiriöitä, häiriönhallintaa ja kehitystoimintaa kahden FM-järjestelmän käyttöönottoa koskevan tapaustutkimuksen kautta. Lisäksi tarkastellaan kolmannen FM-järjestelmän kehitystyötä ja siinä kehitettyjä malleja.

Tutkimuksessa FM-järjestelmien käyttöönottoa tarkastellaan *konepajatuotannon* kannalta. Tämä perustuu siihen, että tuotantoautomaation hyväksikäyttö osana uudenlaista tuotantoajattelua on teollisuustuotannossa ollut selvimmän nähtävissä konepaja- ja metallituoteteollisuudessa, missä uudenlaisten organisatoristen ratkaisujen ohella on käytetty hyväksi tuotantoautomaation tarjoamia mahdollisuuksia (Brödner 1990a ja b; Ollus ym. 1990; Ranta & Tchijov 1990; Hammer 1991; Hyötyläinen 1993 ja 1998).

Tutkimushankkeessa on kehitetty uusia menettelytapoja ja välineitä, jotka soveltuvat suomalaisten yritysten tarpeisiin tuotantojärjestelmien häiriönhallinnan ja kehitystoiminnan menetelmiksi ja välineiksi. Tuotantojärjestelmissä tarvitaan kehittyneitä, systemaattisia menetelmiä ja välineitä, joiden avulla käyttäjät ja käyttöorganisaatio hallitsevat häiriönpoiston ja ehkäisyn sekä kykenevät yhteistoiminnallisesti kehittämään

järjestelmää ja sen toimintaa. Tutkimushankkeen kuluessa osa menetelmistä ja välineistä on saatettu *tietovälineellä* hoidettavaksi, mikä on tärkeä askel uudenlaisten toimintatapojen mahdollistamisessa ja luonnissa.

Tutkimusjulkaisu koostuu johdannon lisäksi yhdeksästä luvusta. Luvussa 2 esitetään tutkimushankkeen tavoitteet ja toteutustapa. FM-järjestelmän hyötyjä ja organisaation sopeutumisongelmaa sekä suunnittelu- ja käyttöönottoprosessin hallintaongelmia käsitellään luvussa 3. Luvussa 4 teknisten järjestelmien käyttöönottoa ja käyttöä tarkastellaan teknis-organisatorisena innovaatioprosessina, mikä luo pohjan kahden tapaus tutkimuksen käsittelylle. Kolmea teknisten järjestelmien käyttöönotto- ja käyttöstrategiaa analysoidaan luvussa 5. FM-järjestelmän häiriöitä, häiriönhallintaa ja kehitystoimintaa tarkastellaan kahden tapausjärjestelmän käyttöönoton ja käytön kautta luvussa 6. Solumalleja ja toimintatavan ulottuvuuksia samoin kuin soluissa käytettäviä ohjaus- ja kehitystoiminnan menetelmiä eritellään luvussa 7. Luvussa 8 esitetään häiriönhallinnan ja kehitystoiminnan menetelmät ja organisatoriset käytännöt tapaus tutkimuksen tuloksiin perustuen. Luvussa 9 tehdään valmistusjärjestelmien häiriönhallintaa ja kehitystoimintaa tukevan tietojärjestelmän määrittely. Tähän määrittelyyn perustuen tutkimushankkeessa on rakennettu tietotekninen järjestelmä häiriönhallintaa varten. Lopuksi luvussa 10 esitetään tutkimuksen johtopäätökset. Liitteessä 1 esitetään lyhyt kuvaus häiriönhallintajärjestelmän rakenteesta ja toiminnasta.

2. Tutkimuksen tavoitteet ja toteutustapa

Tutkimuksen perustavoitteena on selvittää, millä organisointitavoilla sekä menetelmillä on päästävässä tehokkaisuuteen ratkaisuihin joustavien valmistusjärjestelmien käytössä ja kehittämisessä. Tutkimuksessa pyritään osoittamaan järjestelmän käyttöorganisaation merkitys häiriönhallinnalle ja jatkuvan kehittämistoiminnan tarpeellisuus ja mahdollisuus. Erityisesti tarkastellaan järjestelmän käyttäjien osuutta käyttöönoton ja käytön kehitysprosessissa. Tämä voidaan purkaa kahdeksi *tutkimusongelmaksi*:

- millaisilla *organisaatiomuodoilla ja toimintatavoilla* voidaan edistää häiriönhallintaa ja kehitystoimintaa joustavien valmistusjärjestelmän käyttöönotossa ja käytössä
- millä *menetelmillä ja työkaluilla* käyttöönoton ja käytön aikaista häiriönhallintaa ja kehitystoimintaa voidaan tukea.

Tutkimuksen tavoitteiden mukaisesti tutkimuksessa on luotu *käytön ja sen hallinnan malleja*, joiden avulla voidaan tukea joustavien valmistusjärjestelmien käyttöä ja kehitystoimintaa. Konkreettisena *tavoitteena* on tuotantoautomaatiojärjestelmien häiriönseuranta ja kehitystyötä tukevien systemaattisten menetelmien ja välineiden kehittäminen ja niiden testaaminen yritysaineistolla. Menetelmät ja välineet saatetaan tietovälineelle. *Tuloksena* on:

(1) Kehitetty ja yritysaineistolla testattu systemaattinen menetelmä- ja välinepaketti, joka sisältää

- häiriönseurannan lomakkeet ja luokitukset, niistä tehdyt yhteenvedot, riesalistat keskeisistä ja usein toistuvista häiriöistä, häiriöiden analysointimallit ja häiriönpoisto-ohjeet
- systemaattiset ongelmanratkaisun menetelmät ja niissä käytettävät lomakkeet, matriisit, syypuut ja toimenpidelomakkeet.

(2) Menetelmäpakettiin ja sen soveltamiseen liittyvänä keskeisenä tuloksena on myös käyttäjien ja tukitoimintojen yhteis- ja kehitystoimintaa tukevat toimintamallit ja kuvaukset menetelmien ja välineiden käyttötavoista.

(3) Tavoitteena oli myös, että valituissa kohdeyrityksissä menetelmä- ja välinepaketin soveltamisen avulla käynnistetään häiriönseuranta ja sen kautta ratkaistaan tuotannollisia ongelmia ja edistetään joustavan valmistusjärjestelmän tehokasta käyttöä sekä tuotetaan yritykselle uusia toimintamalleja.

(4) Menetelmäpaketin välineet sovelletaan tietovälineelle. Välineiden käyttö ja ylläpito organisoidaan mikrotietokoneelle. Menetelmistä ja välineistä tehdään toimiva ohjelmistokokonaisuus.

Häiriönseuranta ja kehitystoimintaa tukevien menetelmien ja välineiden kehitystyötä on tehty VTT Automaation aikaisemmissa häiriönseurantaan ja kehitystoimintaan kohdistuneissa tutkimuksissa kehitettyjen mallien ja menetelmien perustalta. Tutkimuksen tavoitteiden toteuttamista ja tutkimusongelmien ratkaisemista lähestytään teoreettisella analyysillä ja kolmen tapaustutkimuksen tulosten analysoinnin avulla. Lisäksi menetelmän määrittely ja työkalun rakentamisesta saadut kokemukset ovat tutkimuksen perustana. Kehitettyä menetelmä- ja välinepakettia ja siihen perustuvaa ohjelmistotyökalua on testattu aikaisemmissa projekteissa saadulla yritysaineistolla. Sen sijaan projektissa ei tehty konkreettista sovellustyötä käyttäjäyrityksissä.

3. FM-järjestelmien hyödyt

FM-järjestelmät nähdään luonteeltaan sekä joustaviksi että tuottaviksi, sillä niiden perustana on suhteellisen pitkälle menevä prosessitoimintojen automaatio ja toimintojen joustavaan ohjaukseen kykenevä ohjausjärjestelmä (Meredith 1987a; Boer 1991; Hyötyläinen 1993). FM-järjestelmien avulla on nähty mahdolliseksi rakentaa tehokas ja joustava valmistusjärjestelmä, missä voidaan valmistaa monia tuotteita lyhyinä sarjoina, lyhyellä läpäisyajalla ja pienin varastoin. Kuitenkaan pelkkä teknisen järjestelmän käyttöönotto ei johda automaattisesti tavoiteltujen hyötyjen saavuttamiseen. Itse tekniseen järjestelmään sisältyy monia teknisiä ja taloudellisia ongelmia (Gerwin 1988; Boer 1991; Hyötyläinen & Simons 1990). Muina tekijöinä ovat organisaation sopeuttamisongelmat. Myös suunnittelu- ja käyttöönottoprosessin hallintaongelmat voivat vaarantaa tavoitteiden saavuttamisen.

3.1 Odotetut hyödyt

FM-järjestelmien käyttöönotolla on odotettu saavutettavan monia kustannussäästöjä sekä toiminnallisia ja taloudellisia hyötyjä perinteisiin valmistusjärjestelmiin verrattuna. Monet kirjoittajat katsovat FM-järjestelmillä olevan saavutettavissa kustannusten pienentymisen, joustavuuden lisääntymisen, tuotteiden laadun parantumisen sekä tuotannon ohjattavuuden parantumisen (Edquist & Jacobsson 1988, s. 69–73). Kuitenkin monet korostavat, että FM-järjestelmien hyödyt riippuvat sovellettavan järjestelmän ominaisuuksista sekä siitä, miten järjestelmää osataan ja halutaan käyttää ja millaisia organisatorisia muutoksia ollaan valmiit tekemään (Bessant & Haywood 1985; Boer 1991; Hyötyläinen 1993 ja 1998).

IIASA:n (International Institute for Applied System Analysis) vuonna 1989 päivitettyssä FMS-tietokannassa on tiedot lähes 900 FM-järjestelmästä ympäri maailman (Tchijov 1989; Pietiläinen 1993). Tietokanta on sittemmin saatu myös VTT:lle, missä sen tietoja on edelleen täydennetty 35 uudella järjestelmällä (Pietiläinen 1993). Tietokannan mukaan FM-järjestelmillä on saavutettu keskimäärin seuraavia *kustannussäästöjä ja hyötyjä* perinteisiin valmistusjärjestelmiin verrattuna (Ranta & Tchijov 1990; Tchijov 1989; ks. samansuuntaisista tuloksista, Bessant & Haywood 1985):

- 1) Läpäisyajan lyhentyminen
 - asetusajojen pieneminen (90 %)
 - läpäisyajan lyheneminen (80 %)
- 2) Varastojen ja keskeneräisen tuotannon väheneminen
 - varastojen väheneminen (64 %)
 - keskeneräisen tuotannon väheneminen (64 %)

- 3) Tuottavuuden kasvu
 - henkilöstön väheneminen (lähes 80 %)
 - tuottavuuden kasvu (120–200 %)
- 4) Tuotannon kasvu
 - kapasiteetin kasvu (80 %) (työvuorojen lisääntyminen, käyttöasteen nousu)
- 5) Kustannusten pienentyminen
 - yksikkökustannusten pieneminen (40 %)
 - koneiden lukumäärän väheneminen (lähes 80 %).

Näihin lukuihin on syytä suhtautua tietyllä varauksella, sillä FMS-tietokannan tiedot perustuvat moniin ja monentasoisin lähteisiin (kansainväliset tietokannat, kansalliset tietokannat, kirjalliset kuvaukset järjestelmistä sekä asiantuntijoiden IIASA:lle keräämät tiedot) (Tchijov 1989; Pietiläinen 1993, s. 6–7). FMS-tietokantaa varten on pyritty keräämään järjestelmistä tietoja 33 eri parametrilla (ks. Pietiläinen 1993, liite 1). Parametrit kuvaavat järjestelmän identifiointitietoja (maa, yritys, toimittaja, käyttöönotto-vuosi) ja järjestelmän käyttöaluetta, kokoa ja rakennetta sekä järjestelmän käyttöön liittyviä tietoja ja järjestelmän suhteellisia hyötyjä. Läheskään kaikista järjestelmistä ei ole täydellisiä tietoja.

Tietojen luotettavuutta arvioitaessa on otettava huomioon neljä tekijää. Ensinnäkin monia järjestelmiä koskevat tiedot on hankittu erilaisista kirjallisista lähteistä. Niissäkin tapauksissa, missä tiedot on hankittu yrityksissä haastattelemalla lähinnä tuotantojohtoa, haastattelut ovat kestäneet tavallisesti vain 2–3 tuntia. Toiseksi hyötyjä koskevien tietojen luotettavuutta arvioitaessa on otettava huomioon, että järjestelmistä annetut tiedot ovat todennäköisesti kaunisteltuja, koska yrityksestä halutaan antaa myönteinen kuva. Kolmanneksi on usein niin, että yritys- ja tuotantojohdolla, jotka ovat olleet lähinnä tietolähteinä, ei useinkaan ole kovin luotettavaa kuvaa ja tietoa järjestelmien todellisesta suoritustasosta (ks. Gerwin 1988). Tämän takia on todennäköistä, että hyötyjä koskevat tiedot kuvannevat ainakin osittain järjestelmälle asetettuja tavoitteita ja sen toimintaan liittyviä odotuksia. Neljänneksi tietokannan järjestelmistä pitkälti yli sata järjestelmää sijaitsee entisissä sosialistimaissa, missä järjestelmiä on arvioitu erilaisin kriteerein kuin muualla (ks. Ollus ym. 1990, s. 85).

Kaikesta huolimatta edellä esitetyt IIASA:n tietokannan luvut kertovat kehityksen suunnan. Tosin on muistettava, että nämä luvut ovat keskiarvoja, mikä kätkee sen, että *eri laajuisilla järjestelmillä sekä eri teollisuudenaloilla ja eri maissa järjestelmillä on saavutettu hyvinkin toisistaan poikkeavia tuloksia* (Ranta & Tchijov 1990; Pietiläinen 1993, s. 39–56). Kansainväliset vertailut osoittavat, että myös *samankaltaiset FM-järjestelmät voivat käytössä erota suuresti toiminnallisilta ominaisuuksiltaan toisistaan*, mikä palautuu eroihin käyttöönotto- ja käyttötavoissa. Nämä erot koskevat suunnittelu-

tapoja ja työorganisaatoratkaisuja (Sorge ym. 1985; Kelley & Brooks 1988; Jones 1989; Corbett ym. 1991; Hyötyläinen 1998). Esimerkiksi Jaikumarin (1986) yhdysvaltalaisia ja japanilaisia FM-järjestelmiä koskenut vertailu osoittaa suunnittelu- ja käyttöönottopojen ratkaisevan merkityksen järjestelmien käyttöönoton vaatimaan aikaan, käytettävyyteen ja joustavuuteen.

3.2 Organisaation sopeuttamisongelmat

On käynyt ilmi, etteivät FM-järjestelmään liitetyt hyödyt ole seurausta yksinomaan itse tekniikasta vaan yhtä paljon FMS:n vaatimasta uudesta tavasta ajatella *tuotanto- ja työorganisaatiota* (Bessant & Haywood 1985; Boer 1991; Boer & Krabbendam 1992; Hyötyläinen 1993 ja 1998). FM-järjestelmän käytettävyyden ja muiden toiminnallisten ominaisuuksien kannalta työorganisaatio-, työnjako- ja ammattitaitokysymykset ovat kriittisiä tekijöitä (ks. Blumberg & Gerwin 1985; Meredith 1987b; Adler & Helleloid 1987; Gupta 1989).

Työorganisaation muuttaminen on osoittautunut tarpeelliseksi FM-järjestelmissä. Järjestelmän käyttöönotto ja toiminta riippuvat käyttäjien toiminnasta enemmän kuin on kenties osattu odottaa, mikä näkyy myös 11 suomalaista FM-järjestelmää koskeneessa selvityksessä (Mieskonen 1989, s. 21–23). FMS:n käyttöönotto edellyttää *uuden tyyppisiä ammattitaitoja*, jotka pitäisi hankkia jo ennen FMS:n käyttöönottoa (ECE 1986; Ollus ym. 1990, s. 81–82; Hyötyläinen 1993).

FM-järjestelmien käyttöönottoa ja sen merkitystä on kuitenkin tarkasteltu yleensä vain välittömänä teknisenä kysymyksenä (Boer 1991, s. 189–228; vrt. esim. Lakso 1988). Tutkimukset viittaavat siihen, että järjestelmän tekninen toimivuus ei vielä sinänsä takaa kaikkien toiminnallis-taloudellisten etujen saavuttamista. Erityisesti tämä pätee sellaisen yrityksen kilpailuasemaan vaikuttavien tekijöiden osalta kuten joustavuus, tuotanto-
ketjun läpäisyajan lyhentäminen, laadun parantaminen sekä näiden tekijöiden muuttaminen todelliseksi kilpailuvalteiksi markkinoilla (Voss 1988b; Boer 1991, s. 189–228; Hyötyläinen 1993).

3.2.1 Suunnittelu- ja käyttöönottoprosessin hallintaongelmat

Näyttää siltä, että myönteisten toiminnallisten ja taloudellisten vaikutusten kannalta on ratkaiseva merkitys sillä, miten joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönottoon liittyvät muutosprosessit hallitaan. Kysymys palautuu järjestelmien suunnittelu- ja käyttöönottopoihin. FMS:n kaltaisen teknologisen prosessi-innovaation soveltamisella

saavutettava menestys tai epäonnistuminen on paljolti sama kuin käyttöönottoprosessin onnistuminen tai epäonnistuminen (Voss 1988a; Boer 1991; Hyötyläinen 1993 ja 1998).

Keskeinen syy siihen, että FM-järjestelmien käyttöönotossa ei ole onnistuttu saavuttamaan edes asetettuja operatiivisia tavoitteita - puhumattakaan markkinahyödyistä - on riittämätön huomio suunnittelu- ja käyttöönottovaiheessa FMS:n edellyttämiin organisaatorisiin ratkaisuihin. Luultavaa on, että yritykset eivät kykene organisoimaan järjestelmän käyttöönottoa niin, että käyttöönoton teknis-organisatoriset muutosprosessit hallittaisiin tehokkaasti. Tähän tulokseen on tultu mm. seitsemän FM-järjestelmän (Englanti, Belgia, Hollanti) käyttöönottoa koskeneessa pitkäaikaisessa tutkimuksessa (Boer ym. 1990; Boer 1991). Tätä Boer (1991, s. 234–237) pitää keskeisenä syynä kohdattuihin ongelmiin. Seurauksena ovat vaikeudet saavuttaa järjestelmän kaikkia potentiaalisia toiminnallisia ominaisuuksia ja hyötyjä.

Tutkimukset viittaavat siihen, että FM-järjestelmän mahdollistamien kilpailu- ja toimintaetujen saavuttaminen on riippuvainen siitä, miten *järjestelmän suunnittelussa ja käyttöönotossa* pystytään hallitsemaan *tuotantotavoitteiden, järjestelmätekniikan ja organisaatoratkaisujen* väliset vuorovaikutusmekanismit (Boer ym. 1990; Lindberg 1992; Ollus ym. 1990; Hyötyläinen 1998). Tämä edellyttää sitä, että jo suunnitteluvaiheessa tarkastellaan teknisiä ja organisatorisia vaihtoehtoja uusista toiminnallisista näkökulmista. Suunnitteluvaiheessa tavoitteeksi asetettu pyrkimys uusiin tekniisiin ja organisaatorisiin ratkaisuihin ei ole kuitenkaan vielä riittävää. Tästä vasta suunnittelun ja käyttöönoton ongelmien voidaan nähdä alkavan.

Monimutkaistuvien valmistusjärjestelmien suunnittelu ja rakentaminen vaatii entistä enemmän suunnittelupanosta (Ehn 1988; Corbett ym. 1991; Fichman & Moses 1999). Kuitenkin mitä monimutkaisemmasta ja enemmän vuorovaikutussuhteita sisältävästä järjestelmästä on kyse, sitä vaikeampaa sen toiminnallisia ominaisuuksia, vaatimuksia ja mahdollisuuksia on määritellä ilman pitkäaikaista käyttökokemusta (Rosenberg 1985, s. 120–140). Kun samanaikaisesti muuttuva ympäristö asettaa järjestelmälle jatkuvan muutoksen vaatimuksia, suunnittelun tarve kasvaa aina vain suuremmaksi. Pyrkimys ratkaista tämä järjestelmän toiminnan ennakoimattomuus automaatioastetta lisäämällä luo samalla uusia ennakoimattoman toiminnan mahdollisuuksia (Hirschhorn 1986, s. 52–58). Bainbridge (1983) kutsuu tätä automaation keskeiseksi "ironiaksi", minkä mukaan mitä automaattisemmasta järjestelmästä on kyse, sitä ratkaisevammaksi *käyttäjien ja käyttöorganisaation* merkitys tulee (ks. Zuboff 1988; Jones 1989; Winter 1996).

4. Käyttöönotto teknis-organisatorisena innovaatioprosessina

Teknologinen prosessi-innovaatio harvoin säilyy muuttumattomana sen soveltamisvaiheessa. Uuden tekniikan soveltamisen kuluessa järjestelmä mukautetaan olemassa olevaan tuotantoon, jolloin tapahtuu yleensä sen toiminnallisten ominaisuuksien kehitystä (Braun 1985; Blumberg & Gerwin 1985; Slaughter 1993). Uutta järjestelmää ei voida istuttaa kerta heitolla vanhoihin rakenteisiin, vaan tämä edellyttää muutoksia usein koko tuotantojärjestelmässä. Uuden tekniikan soveltaminen merkitsee ja edellyttää *teknis-organisatorisia muutoksia* (Toikka & Kuivanen 1993; Hyötyläinen 1993 ja 1998). Soveltaminen on vähittäinen prosessi, jossa joudutaan mm. kehittämään työ- ja työstömenetelmiä, nostamaan tuotannollista ammattitaitoa, muuttamaan tuotteiden rakenteita ja tehtaan työnkulkuja, parantamaan kommunikaatiota ja kehittämään johtamismenetelmiä. Teknologisen prosessi-innovaation käyttöönottoa voidaan kuvata prosessina, missä tapahtuu "innovaatioita innovaation sisällä" (Sahal 1981, s. 79–82; Rogers 1995).

4.1 Käyttöönottoprosessi

Uuden valmistusjärjestelmän suunnitteluvaiheessa tehdään järjestelmää koskeva "*perus-innovaatio*", mutta se muodostaa vasta alun pitkälle prosessille, joka jatkuu välittömästi käyttöönotossa (Jones 1989). Usein *käyttöönottovaiheessa* joudutaan tekemään suunniteltuun järjestelmään *monia täydentäviä ja huomattaviakin muutoksia*, jotta voidaan poistaa toimintaa ja sen kehittämistä estävät ongelmat. Ja vaikka itse järjestelmä saataisiin toimimaan suhteellisen tehokkaasti, voi tuotantoketjussa ennen tai jälkeen uuden järjestelmän syntyä pullonkauloja, jotka vaativat ratkaisemista. Käyttöönottovaiheessa järjestelmä on integroitava osaksi olemassa olevaa tuotantojärjestelmää, jotta varmistetaan koko tuotantojärjestelmän tehokas toiminta (ECE 1986, s. 93–94; Jones 1989; Hyötyläinen 1993).

Mahdollisesti vielä tärkeämpi merkitys on myöhemmillä *käytön aikana* tehtävillä *inkrementaalisilla innovaatioilla* (vähittäisillä ja pienin askelin tapahtuvalla kehittämis-toiminnalla), joita käyttäjät, työjohto ja kunnossapito tekevät häiriöiden ja kohdattujen ongelmien poistamiseksi sekä valmistusjärjestelmän toiminnan kehittämiseksi (Jones 1989; Brown 1991). Tätä yhä tärkeämpää innovaatioprosessin muotoa, jota ei ole otettu tarpeeksi huomioon ja jolla on todennäköisesti kasvava merkitys integroitujen valmistusjärjestelmien taloudellisuuden kannalta, Rosenberg (1985, s. 120–140) kutsuu "*käyttämällä oppimiseksi*" (learning by using). Rosenbergin mukaan käyttämällä oppiminen voi johtaa järjestelmäteknikan parannuksiin, järjestelmän käyttötapojen parantumiseen ja tehostumiseen ja huoltotoiminnan parantumiseen. Sahalin (1981, s.

36–38 ja 57–60) mukaan tekninen muutos on kehitysprosessi, jonka perustana on innovaatiotoiminta. Sahalin (1981, s. 108–122) mukaan käyttötoiminta etenee kumulatiiviseen kokemukseen perustuvana oppimisprosessina, jonka ansiosta olemassa olevaa tekniikkaa ja järjestelmiä kyetään tehostamaan ja kehittämään jatkuvasti edelleen. Näin tuotantotoiminnassa "tekemällä opitaan" uusia innovatiivisia mahdollisuuksia parantaa tekniikan hyväksikäyttöä.

Kaikki tekniikka, myös perinteinen konepajatekniikka muuttuu ja kehittyy "käytössä oppimalla", ts. sen toiminnasta saatavien kokemusten ja näihin perustuvien pienten päivittäisten parannus- ja kehittämistoimien seurauksena (Rosenberg 1985, s. 120–140; Sahal 1981, s. 108–122). FM-järjestelmässä tällainen muutos- ja kehittämistoiminta saa kuitenkin uuden merkityksen. *Käyttöönottoprosessi* on FMS:n kohdalla vaikeampi kuin yksittäiskoneiden kohdalla. Monimutkaisena ja uutena tekniikkana FM-järjestelmän suunnittelu ja käyttöönotto on pitkä ja monitahoinen prosessi, mikä vie yleensä vuosia (ECE 1986, s. 94–96; Hyötyläinen 1998). Järjestelmäluonteensa takia FMS edellyttää suurta panostamista erilaisten osajärjestelmien integrointiin, mm. tuotteiston muuttamiseen ja kehittämiseen, menetelmäkehitykseen, ohjelmistotyöhön sekä valmistus- ja tuotannonohjausmenetelmien kehittämiseen. Seuraavassa tarkastellaan FM-järjestelmän käyttöä, häiriönhallintaa ja kehittämistoimintaa.

4.2 Käyttö ja kehittämistoiminta

Käyttöönottovaiheen ja -toimenpiteiden tuloksena pyritään "*normaaliin*" käyttöön, jolloin järjestelmässä pystytään valmistamaan suunnitellun tuoteperheen tuotteet ja päästään suunniteltuun tuotantotasoon. Tämä edellyttää riittäviä kappaleohjelmia sekä järjestelmän teknistä toimivuutta ja asetettujen käytettävyyss- ja muiden toiminnallisten tavoitteiden saavuttamista, mikä ei ole onnistu ilman häiriöiden hallintaa (Hyötyläinen 1993).

FM-järjestelmän hyvän *käytettävyyden* saavuttaminen edellyttää järjestelmän häiriöttömän toiminnan ylläpitoa, häiriöiden nopeaa poistoa niiden sattua sekä järjestelmän kehittämistä toimintavarmemmaksi ja tehokkaammaksi (Blumberg & Gerwin 1985; Toikka & Kuivanen 1993). Häiriö voidaan nähdä järjestelmän tilaksi tai toiminnaksi, joka poikkeaa suunnitellusta tai tavoitellusta (Toikka ym. 1991). Häiriöt ovat siten uhka järjestelmän käytettävyydelle ja toiminnalle. Häiriö voidaan kuitenkin nähdä paitsi uhkana järjestelmän toiminnalle samalla myös sen kehitysmahdollisuutena. Tämä edellyttää työorganisaatiota, jossa käyttäjien ammattitaito ja työtapo tähtäävät normaalitilan ylläpidon lisäksi häiriöiden ennakointiin ja ehkäisemiseen. Häiriöt ehkäistään ja poistetaan poistamalla niiden syyt, muuttamalla ja kehittämällä järjestelmää sen käyttöön perustuvan oppimisen tuloksena. FM-järjestelmän toimivuuden ja

taloudellisuuden ja turvallisen käytön kannalta tämäntyyppisen ennakoivan, järjestelmän jatkuvaan kehittämiseen sulautuvan häiriönhallinnan merkitys on ilmeinen (Toikka ym. 1991; Hyötyläinen 1998).

FM-järjestelmään kohdistuu *kehittämispaine*, mikä edellyttää kehittämistoimintaa. Tätä edellyttää häiriöiden vähentämisen lisäksi ennen muuta järjestelmän toiminnan jatkuva optimointi ja kehittäminen tuotteiston, materiaalien ja tuotantomäärän muuttuessa ja tuotantotekniikan kehittyessä. Järjestelmän kehittämistarve voi johtua myös markkinoilta tulevista muutosvaatimuksista (Hyötyläinen 1998). Eräs FMS:n keskeisiä taloudellisia potentiaaleja on ns. dynaaminen joustavuus, kyky sopeutua markkinatilanteen muutoksiin ja teknologian kehitykseen tekemällä muutoksia järjestelmän toimintaan ja tuotteisiin (Ollus ym. 1990; Toikka ym. 1991). Voidaan nähdä, että FM-järjestelmässä perinteinen raja koneiden ja laitteiden käyttöönoton ja tämänjälkeisen normaali-toiminnan välillä vähenee. Käyttöönotosta siihen liittyvine kokeilu- ja oppimisvaatimuksineen tulee enemmän tai vähemmän pysyvä tila.

5. Käyttöönotto- ja käyttöstrategiat

Meneillään oleva tuotantotapojen murrosvaihe näkyy selvästi CIM-ajattelumalleissa ja automatisointistrategioissa (ks. esim. Piore & Sabel 1984; Freeman & Perez 1988; Ollus ym. 1990; Womack ym. 1990; Hammer 1991; Womack & Jones 1996). Pyrkimys tietokoneyhdenntettyyn tuotantoon (CIM) on avaamassa uudet mahdollisuudet tuotannon automatisoinnin nostamiseen. CIM:stä ei ole kuitenkaan yksikäsitteistä määritelmää. Sen kattavuudesta tuntuu vallitsevan jonkinlainen yksimielisyys, mutta sen toteutustavasta käsitykset poikkeavat jo selvästi toisistaan. CIM-ajattelumalleissa on yleensä sisällä käsitys tulevaisuuden tehtaasta ja sen teknis-organisatorisesta järjestelmästä.

Tuotannon automatisoinnissa ja tulevaisuuden tehtaan teknis-organisatoristen järjestelmien rakentamisessa on ollut tapana erottaa kaksi vastakkaisista strategiaa (Brödner 1985, 1990a ja 1990b; Senker 1986, s. 101–116; Gupta 1989; Lay 1990; Corbett ym. 1991, s. 5–19; Hyötyläinen 1993; Alasoini ym. 1994). Näitä vastakkaisia käyttöönottostrategioita on kutsuttu tekniikkakeskeiseksi ja käyttäjakeskeiseksi strategiaksi.

Viimeaikaisessa tutkimuksessa on noussut esille kahdesta aikaisemmasta strategiasta poikkeavan käyttöönotto- ja käyttötavan mahdollisuus. Tätä vaihtoehtoa koskeva keskustelu on saanut virikettä käyttäjakeskeisen strategian käytäntöjen kriittisestä arvioinnista ja uudenlaisten lähestymistapojen tarpeesta (ks. Ehn 1988; Corbett ym. 1991, erityisesti s. 15–19; Hyötyläinen 1988). Strategiavaihtoehdot ovat lisääntymässä, mikä perustuu erityisesti japanilaista tuotantokonseptia, ns. kevyttä tuotantoa (lean production) koskevaan tutkimukseen (ks. esim. Krafcik 1988; Womack ym. 1990). Kevyen tuotannon malli perustuu syvälle ulottuvaan työorganisaation ja tuotantokäytäntöjen uudistamiseen, minkä keskeisenä tavoitteena on innovatiivisen toimintatavan ja jatkuvan kehittämistoiminnan aikaansaaminen (ks. myös Nonaka 1991; Nonaka & Takeuchi 1995).

Näihin strategioihin liittyvät vastaavasti erilaiset käsitykset sovellettavista työorganisaatoratkaisuista. Tekniikkakeskeinen strategia yhdistetään tavallisesti työnjaolliseen organisaatioon ja käyttäjakeskeinen strategia ryhmäorganisaatioon. Kevyttä tuotantoa koskevassa tutkimuksessa korostetaan työryhmäorganisaation lisäksi yrityksen sisäisiä verkostorakenteita. Järjestelmien käyttäjien kannalta nämä erilaiset strategiat ja organisaatiovaihtoehdot tarjoavat aivan erilaiset mahdollisuudet järjestelmän käytön ja kehittämisen osalta.

Seuraavassa analysoidaan ensin käyttöönotto- ja käyttöstrategioita, minkä jälkeen tarkastellaan erikseen käyttäjätoimintaa ja sen merkitystä muodostuville ratkaisuille. Edelleen tarkastellaan kuhunkin strategiaan liittyvää organisaatiomallia. Strategioiden käsittelyn yhteydessä tarkastellaan myös strategian soveltamista FM-järjestelmään.

5.1 Tekniikkakeskeinen konsepti ja työnjaollinen organisaatio

Teollistuminen on perustunut työnjakoon. Yksi tämän teollisen perinteen keskeinen piirre on ollut suunnittelun ja toteuttamisen erottaminen toisistaan, mikä sai vahvistusta taylorismin ja tieteellisen liikkeenjohdon opeista (Taylor 1913; Rose 1975; Tiefertal 1975). Taylorin ajoista alkaen työorganisaation kehityksen perustana on ollut *organisaatorinen rationalisointi*, minkä mukaan vaakasuorassa suunnassa prosessitoiminnot ositetaan ja pystysuorassa suunnassa ne erotetaan suunnittelu- ja ohjaustoiminnoista. Tämä on merkinnyt kahta perustuvaa laatua olevaa asiaa (Hyötyläinen 1993):

(1) *Suunnittelu- ja toteutus henkilöstön tehtävien eriytyminen.* Työntekijät on erotettu koneiden ja tuotantoprosessien kehittämisestä. Työorganisaatiossa johto- ja suunnitteluhenkilöstön ja työntekijöiden tehtävät ovat eriytyneet selvästi toisistaan. Työntekijöiden tehtävänä on ollut suoritustehtävät. Uusien valmistusjärjestelmien kehittäminen on tullut yksinomaan tätä varten koulutettujen spesialistien tehtäväksi.

(2) *Suunnittelu on tullut voimakkaasti teknisesti orientoiduksi toiminnaksi.* Valmistusjärjestelmän suunnittelun kohteena on ollut ennen muuta parempien ja tehokkaampien koneiden ja järjestelmien suunnittelu. Vähemmän on kiinnitetty huomiota työorganisaatioon, joka on sopeutettu valmiiksi suunniteltuun tekniseen järjestelmään. Tavoitteena on ollut kehittää menetelmiä, joiden avulla työntekijät saadaan työskentelemään mahdollisimman tehokkaasti ja luotettavasti teknisen järjestelmän osana.

Tällaista suunnitteluperinnettä voidaan kutsua *tekniikkakeskeiseksi konseptiksi* (Brödner 1990a ja b; Corbett ym. 1991, s. 6–9). Tekniikkakeskeinen konsepti on osoittautunut sitkeähenkiseksi, sillä se on havaittavissa myös CIM-ajattelumalleissa ja CIM:iin liittyvissä automatisointistrategioissa. Tätä käyttöönottostrategian "ideaalimallia" voidaan kutsua myös korvaamisstrategiaksi (Hyötyläinen 1988, 1993 ja 1994). Seuraavassa käsitellään tekniikkakeskeisen strategian "ideaalityyppiä" (ks. taulukko 1).

Tekniikkakeskeisen konseptin mukaan automaatiota käyttöönotettaessa tekniset ratkaisut suunnitellaan suhteellisen *irrallaan tuotannosta toimivasta ihmisestä ja työorganisaation suunnittelusta*. Tavoitteena nähdään työn rationalisointi ja ihmisen korvaaminen automaatiolla. Perustana on yleensä hierarkkinen organisaatorakenne, jyrkkä työnjako, yksipuoliset työtehtävät ja alhaiset ammattitaitovaatimukset.

Taulukko 1. Tekniikkakeskeisen strategian "ideaalityyppi" (Hyötyläinen 1993, s. 37).

	TEKNIKKAKESKEINEN STRATEGIA
Työorganisaatio	Työn rationalisointi ja jyrkkä työnjako, "yksilötyö"
Ammattitaidon käyttötapa	Pyrkimys ihmistyön korvaamiseen automaatiolla ja koneilla
Ohjausjärjestelmä	Atk- ja laitekeskeinen näkökulma, keskitetty tietokoneohjaus, standardiratkaisut
Ihminen-konejärjestelmä (käyttöliitännät)	Tekniikan ja ihmisen vastakkaisuus: ihminen vain tuotannon valvojana
Päämäärä	"Miehittämätön tehdas"

FM-järjestelmien käyttöönotossa on myös havaittavissa tämä strategia, jota vastaavaa ratkaisua voidaan kutsua työnjaolliseksi organisaatioksi. Köhlerin ja Schultz-Wildin (1985) mukaan FMS:n työnjaollista organisaatiota voidaan luonnehtia seuraavasti:

Organisaatiotyypille on ominaista hierarkkinen työnjako ja ammattitaitorakenne niin, että henkilöstön keskimääräinen ammattitaitotasoa on suhteellisen alhainen. Järjestelmätason suunnittelu- ja ohjaustehtävät kuuluvat järjestelmän vetäjälle. Työkaluhuoltoa, esiasetusta ja NC-ohjelmien korjaamista varten on erillinen asettaja. Pääosa miehistöstä on työssä harjaantuneita koneenkäyttäjiä, joille kuuluvat koneiden käytön lisäksi rajatut asetus- ja valvontatehtävät. Tämän lisäksi käytetään ammattitaidottomia apu-työntekijöitä, jotka tekevät pelkästään manuaalisia materiaalin lataus- ja purkaustoimintoja. Kaikki vaativimmat ohjelmointi-, laadunvalvonta- ja kunnossapitotehtävät kuuluvat funktionaalisen työnjaon mukaisesti FM-järjestelmän ulkopuolisille toimintayksiköille.

Työnjaolliselle organisaatiotyypille on ominaista, että FMS miehitetään valitsemalla vanhan tuotannon parhaat työntekijät. Suurin osa oppimisesta tapahtuu työssä harjaantumisena ja työn ulkopuolista koulutusta annetaan lähinnä vain työnjohtajille, ohjelmoijille ja kunnossapitohenkilöstölle.

Luonteenomaista tekniikkakeskeiselle strategialle on myös pitkälle keskitetty tietokoneohjaus ja pitäytyminen automaation kehittämisessä *teknisissä standardiratkaisuissa* sen sijaan, että satsattaisiin käyttäjien vaikutuksen hyväksikäyttöä lisääviin

ratkaisuihin. Konseptin mukaan ihmisen toimintaa tuotannossa tarkastellaan lähinnä vain tekniikan "jäännösterminä" (Bainbridge 1983). Ihmisen tehtäväksi on jätetty ne toiminnot ja tehtävät, joita ei ole vielä voitu tai joita ei ole kannattanut mekanisoida tai automatisoida.

Tekniikkakeskeisen strategian mukaisena teknis-organisatorisen järjestelmän konseptina on ihmisen roolin pelkistäminen pelkäksi automaattisen tuotannon valvojaksi. Pyrkimyksenä on päästä aina "*miehittämättömään tehtaaseen*" asti (Corbett ym. 1991, s. 6–9). Tuotannon tehokkuuden, ohjattavuuden ja luotettavuuden kannalta ihminen nähdään epävarmuus-, häiriö- ja kustannustekijänä, jonka vaikutuksen vähentäminen ja lopulta eliminointi nähdään mahdolliseksi tuotannon automaatioastetta nostamalla.

5.2 Käyttäjakeskeiset järjestelmät ja ryhmäorganisaatio

Tekniikkakeskeinen konsepti asetettiin vähitellen kyseenalaiseksi (ks. Corbett ym. 1991, s. 6–9; MacKenzie & Wajcman 1987; Toikka ym. 1988). Syntyi uusi sosio-tekniikan työsuunnittelun koulukunta, mikä sai alkunsa Tavistock-instituutin tutkimuksista 1950-luvulla. *Sosiotekninen lähestymistapa* saavutti täyden laajuutensa ns. humanisointiliikkeeksi kasvaneena tutkimus- ja kokeilutoimintana 1960-luvun puolivälissä ja jatkui sellaisenaan 1970-luvun puoliväliin saakka (Julkunen 1987; Thorsrud 1980). Tämän mukaan tuotantojärjestelmiä pitää tarkastella monimutkaisina ja dynaamisesti kehittyvinä avoimina järjestelminä, jotka käsittävät kaksi eri alajärjestelmää: tekninen ja sosiaalinen järjestelmä. Tuotantojärjestelmä on tehokas vain jos nämä osajärjestelmät toimivat hyvin, mikä merkitsee, että ne täytyy koordinoita keskenään (Sandberg 1982).

Tätä myötä "perinteinen" suunnittelukäytäntö alkoi saada uusia piirteitä. Esimerkiksi työpaikan ergonomiset seikat tulivat merkitseviksi. Täten "hyvä suunnittelukäytäntö" ei enää rajoittunut vain teknisen järjestelmän toimintaan, vaan se kehittyi monimutkaisen ihminen-konejärjestelmän suunnitteluksi, missä ihmisen erityiset vaatimukset ja rajoitukset otettiin tarkasteluun mukaan (ks. esim. Rasmussen 1986). Kuitenkin sosio-tekniikan lähestymistavan keinot rajoittuvat lopulta vain sosiaalisen organisaation muuttamiseen ja kehittämiseen (Corbett ym. 1991, s. 9–12).

Sosiotekniikan tradition ja sen kriittisen arvion perustalta 1970-luvun lopulla ja erityisesti 1980-luvun puolivälissä käynnistyi uudelleen keskustelu erilaisista suunnitteluparadigmoista. On syntynyt käsite käyttäjakeskeinen järjestelmä (user-oriented system, human-centred system) (Rosenbrock 1989; Brödner 1985, 1990a; Corbett ym. 1991, s. 12–15). *Käyttäjakeskeisen lähestymistavan* perustalta on kehitetty ja systematisoitu monimutkaisten järjestelmien suunnitteluteoriaa (Rouse 1991; Eijnatten 1993; Vartiainen

1994). Euroopassa on viime vuosina ollut lisäksi meneillään laaja keskustelu ja kokeilu käyttäjäkeskeiseen strategiaan läheisesti liittyvän ns. antroposentrisen (ihmiskeskeisen) valmistusjärjestelmän nimikkeen alla (Brödner 1990b; Kidd 1990; Lehner 1991; Wobbe 1992).

Käyttäjäkeskeisten järjestelmien suunnittelu voidaan nähdä vaihtoehtona tekniikka-keskeiselle suunnittelukonseptille (Brödner 1985 ja 1990a). "Miehittämättömän tehtaan" -käsite on asetettu kyseenalaiseksi, koska sen katsotaan johtavan uusiin hallitsemattomiin ongelmiin. Automaatioon perustuvien integroitujen valmistusjärjestelmien toiminnallisten ja taloudellisten hyötyjen, kuten käytettävyyden, joustavuuden ja laaduntuotokyvyn, saavuttaminen on osoittautunut ongelmalliseksi tekniikkakeskeistä strategiaa noudatettaessa. Tämä ilmenee erityisesti normaalitilasta poikkeavissa olosuhteissa, kuten häiriöiden sattuessa. Koska käyttäjien ammattitaito on alhainen, he eivät kykene tunnistamaan ongelmia ennen kuin ne muodostuvat merkittäviksi häiriöiksi. He eivät ymmärrä teknistä järjestelmää niin, että pystyisivät tulkitsemaan ongelman varhaisia signaaleja. Tekniikkakeskeisen konseptin mukaan ongelmien diagnoosi ja ratkaiseminen kuuluvat erikoishenkilöstölle, joten organisaatiossa ei muodostu "oppimiskehää" ongelmien havaitsemisesta vastaavien sekä niiden diagnoosista ja ratkaisemisesta vastaavien henkilöiden välille (Gupta 1989; Cole 1994). Tekniikkakeskeisen konseptin mukaan toimittaessa on vaikeuksia myös järjestelmän joustavuuden saavuttamisessa, mikä johtuu työnjaosta ja erikoistumisesta. Erityisen ongelmallista tämä on valmistusjärjestelmää muutettaessa ja kehitettäessä, mistä on tulossa jatkuvaa toimintaa markkinamuutosten ja teknisen kehityksen nopeutumisen oloissa.

Vaihtoehdoksi esitettyä tuotannon automatisoinnin ja tulevaisuuden tehtaan teknis-organisatoristen järjestelmien rakentamisen "ideaalimallia" on kutsuttu käyttäjäkeskeiseksi strategiaksi (ks. Hyötyläinen 1988 ja 1993). Seuraavassa käsitellään käyttäjäkeskeisen strategian "ideaalityyppiä" (ks. taulukko 2).

Taulukko 2. Käyttäjakeskeisen strategian "ideaalityyppi" (Hyötyläinen 1993, s. 40).

	KÄYTTÄJÄKESKEINEN STRATEGIA
Työorganisaatio	Työn uudelleen organisointi ja työtehtävien laajentaminen, ryhmätyö
Ammattitaidon käyttötapa	Työntekijöiden ammattitaidon laaja hyödyntäminen
Ohjausjärjestelmä	Toiminnallinen ja käyttäjakeskeinen näkökulma, vuorovaikutteinen ja hajautettu ohjausjärjestelmä
Ihminen-konejärjestelmä (käyttöliitännät)	Vuorovaikutus ja työnjako ihmisen ja koneen välillä: ihminen tuotannon ohjaajana ja optimoijana
Päämäärä	"Skill based production"

Perustana on käyttäjien yhtenäinen, korkeaan ammattipätevyyteen ja *ryhmätyöhön nojaava organisaatorakenne*. Ryhmäorganisaatiossa käyttäjät toimivat ryhmänä ilman kiinteää työnjakoa. Strategia lähtee siitä, että käyttäjien panos ja ammattitaito ovat järjestelmän toiminnan kannalta korvaamattomia ja että ryhmäorganisaatio on paras tapa hyödyntää ne (Brödner 1990a).

FMS-organisaatioiden osalta on myös erotettu ryhmäorganisaatio vastakohtana työnjaolliselle organisaatiolle (Fix-Stertz ym. 1990). Köhlerin ja Schultz-Wildin (1985) mukaan FMS:n ryhmäorganisaatiota voidaan luonnehtia seuraavasti:

Ryhmäorganisaatiossa työ muodostuu uudentlaiseksi kokonaisuudeksi ja ryhmätyöksi. Koko FMS-työryhmällä on suhteellisen korkea ja yhtenäinen ammattitaitotaso. FMS:n sisäisissä toiminnoissa ei ole perinteistä pystysuoraa työnjakoa suunnittelu- ja ohjaustehtävien ja suorittavien tehtävien välillä, vaan ryhmälle kuuluvat työkierron puitteissa kaikki järjestelmän tehtävät, myös valmistuksen ohjaus ja ainakin osittain NC-ohjelmointi, häiriönpoisto, laadunvalvonta ja kunnossapito. Periaatteessa jokainen ryhmän jäsen hallitsee kaikki ryhmän työtehtävät. Suuri osa tehtävistä, jotka työnjaollisessa organisaatiossa on rajattu FMS:n ulkopuolisille yksiköille, on otettu järjestelmän sisälle. Vaativimmat kunnossapito- ja korjaustehtävät suoritetaan käyttöorganisaation ja asianomaisten erikoisorganisaatioiden joustavana yhteistyönä.

Ryhmäorganisaatiossa rekrytointi ulottuu eritasoisin työntekijäryhmiin. Työntekijöiden on myös omaksuttava runsaasti uutta teoreettista tietoa, mikä vaatii huomattavaa työn ulkopuolista koulutusta. Koulutus voi koostua mm. seuraavista teemoista: tietokonejärjestelmät, koneiden ohjelmointi, työstön perusteet, raaka-aineet, työkalut, pneumatiikka, elektroniikka, piirustusten luku, laaduntarkastus, kunnossapito, vianetsintä, töiden ajoitus, tehtäväjaon suunnittelu ja yhteistoiminta.

Elimellinen osa käyttäjäkeskeistä strategiaa on myös sellaisten *teknisten ratkaisujen* käyttöönotto, jotka laajentavat käyttäjien vaikutuksen hyväksikäyttöä tuotannon hallinnassa. Tämä edellyttää mm. hajautettua tietokonejärjestelmää sekä ohjelmistoarkkitehtuuria ja tietokantarakennea, jotka mahdollistavat käyttäjien tarpeisiin sovitut ratkaisut ja tukevat hajautettua päätöksentekoa organisaatiossa. Tietokonejärjestelmiltä edellytetään myös vuorovaikutteisuutta ja käyttöä helpottavia ihminen-koneliitäntöjä (Lay 1990, s. 139–143). Käyttäjäkeskeisen strategian mukaan ei ole enää syytä korostaa tekniikan mahdollisuuksien ja ihmisen rajoitusten välistä vastakkaisuutta. Pyrkimyksenä on päinvastoin löytää sellainen ihmisen ja koneen välinen toimintojen jako ja vuorovaikutus, jotka heijastavat niiden molempien vahvoja puolia ja keskinäistä synergiaa. Tavoitteena nähdään olevan ns. *"skill-based production"* (Brödner 1985 ja 1990b; Corbett ym. 1991).

5.3 Kevyen tuotannon malli

Järjestelmien käyttöönotto ja käyttö asettuvat uudella tavalla japanilaisen teollisuuden kokemuksiin perustuvassa *kevyen tuotannon (lean production) mallissa* (Womack ym. 1990). Tarkastelun lähtökohtana on koko *tuoteprosessi*, tuotantoketju markkinoinnista, tuotesuunnitteluun, prosessisuunnitteluun ja osahankintaverkoston ja tuotantoprosessin hallintaan sekä tuotteiden huoltotoimintoihin saakka (ks. Womack ym. 1990; Womack & Jones 1996). Malli perustuu eri toimintojen samanaikaiseen ja yhteistoiminnalliseen työskentelyyn tuoteprosessissa. Tällä katsotaan kyettävän lyhentämään *tuotanto-toiminnan reagointiaikaa* ja samalla luomaan *"innovatiivinen" organisaatio*, joka pystyy toiminnan jatkuvaan parantamiseen ja kehittämiseen (Nonaka 1991; Nonaka & Takeuchi 1995).

Hyvänä esimerkkinä kevyen tuotannon mallin mukaisesta *yhteistoiminnallisesta ja rinnakkaisesta menettelystä* on tuotekehitysprojektin hallinta (ks. Clark & Fujimoto 1991). Kuten autoteollisuutta koskevat tutkimukset osoittavat, japanilaiset autotehtaat ovat ylivoimaisia uusien mallien suunnittelussa yhdysvaltalaisiin ja eurooppalaisiin autonvalmistajiin verrattuna (Womack ym. 1990, s. 104–137; Clark & Fujimoto 1991, s. 67–95). Yhdysvalloissa ja Euroopassa kului lähes kaksi kertaa niin paljon insinööriä tuotekehitykseen kuin Japanissa. Kuitenkin Yhdysvalloissa ja Euroopassa

matka tuotekonseptista markkinoille kesti 5–6 vuotta, mutta Japanissa vain 3–4 vuotta. Keskeisinä tekijöinä onnistuneelle tuotekehitysprojektille ovat vahva tuotekonsepti, joka luo suunnan ja viitekehityksen uutta tuotetta koskeville monille yksityiskohtaisille päätöksille, sekä tuotekehityshankkeen organisointi (Clark & Fujimoto 1991). Organisoimisessa on oleellista *organisatoriset toimintorajat ylittävä toimintatapa*, jonka mukaan markkinointi, suunnittelu ja valmistus yhdessä osallistuvat suunnittelu- ja valmistusongelmien käsittelyyn. Tällä tavoin on mahdollista saattaa eri toimintojen ongelmanratkaisuprosessit *integroiduiksi organisatoriseksi ongelmanratkaisun "sykleiksi"* (Clark & Fujimoto 1991, s. 205–245). Integrointi koskee sekä eri kehitysprosessien keskinäistä *ajoitusta että kommunikointitapoja ja -menetelmiä* organisaation eri toimintojen ja tasojen välillä. Integroitu ongelmanratkaisu onnistuu vain, jos kehityshankkeeseen liittyvät toiminnot tehdään samanaikaisesti ja toimintojen välinen informaation vaihto on kaksisuuntaista. Näin tuoteprosessiin liittyvät ongelmat ja eri näkökannat saadaan välittömästi käsittelyyn.

Keveyen tuotannon mallin mukaan tuotantotoiminta perustuu ammattitaitoisiin työryhmiin organisaation kaikilla tasoilla. Tärkeänä osana tässä ovat *valmistuksen työryhmät*, joiden tehtäviin kuuluu varsinaisten prosessitehtävien lisäksi laadunvalvontaan, kunnossapitoon ja materiaalinkäsittelyyn liittyviä toimintoja. Keveyen tuotannon eräänä kulmakivenä on se, että tuotannossa ei vain vastata ongelmiin vaan tehdään kehittämistyötä (ks. Womack ym. 1990, s. 73–103). Kehitystyötä edistetään siirtämällä tietämystä ja vastuuta valmistuksen työryhmätasolle. Kehitystyö on organisoitu työryhmissä *laatupiiritoimintana* (ks. Imai 1986 ja 1997; Lillrank 1990, s. 94–158). Työryhmien laatupiiritoiminta kohdistuu tuotteisiin, prosesseihin ja työmenetelmiin ja niissä esiintyvien ongelmien ratkaisemiseen ja on luonteeltaan vähittäistä parannustyötä.

Pelkkä työryhmien laatupiiritoiminta ei vielä yksin takaa jatkuvaa kehitystä. Jotta kehitystyö saadaan pidettyä käynnissä ja suunnattua yrityksen strategiseksi tekijäksi, edellytetään kahta asiaa: työryhmäverkostoa ja kehitystyön menetelmiä (ks. Lillrank 1990, s. 94–158).

(1) Clark ja Fujimoto (1991, s. 239–245) nostavat tuotekehitysprojektin osalta keskeiseksi integroidun ongelmanratkaisun edellytykseksi tuoteprosessissa "ylhäältä" ja "alhaalta" tulevien kehityssykliden yhdistämisen. Tämä merkitsee eri organisaatiotasolla toimivien ryhmien yhteistyötä. Keveyen tuotannon mallin mukaan oleellista on muodostaa yrityksen sisälle *integroitu työryhmäverkosto*, joka käsittää organisaation kaikki tahot ja tasot ja jossa operatiiviset ryhmät toimivat kiinteässä yhteistyössä muiden toimintojen ja organisaatiotasojen kanssa tehdessään vähittäistä kehitystyötä (Womack ym. 1990, s. 73–103).

(2) Kehitystyö edellyttää ammattitaitoisen ja yhteistyökykyisen henkilökunnan lisäksi *menetelmiä ja välineitä* kuten ongelmanratkaisutekniikoita ja informaation käsittelymenetelmiä (Clark & Fujimoto 1991). Ilman systemaattisia menetelmiä ja koulutusta niiden käyttöön työryhmien kehitystyö jää helposti satunnaiseksi ongelmien käsittelyksi. Japanilaisissa laatupiireissä työryhmien käytössä on "tieteellisiä" laadun analysoinnin työkaluja kuten erilaisia tilastollisia ja arvoanalyysin menetelmiä (ks. Lillrank 1990, s. 114–118).

Keuyen tuotannon mallin mukaan järjestelmien luominen ja käyttö voidaan nähdä innovatiivisena toimintana. Jo suunnitteluvaiheessa tukeudutaan eri toimintojen ja organisaatiotasojen väliseen kiinteään yhteistyöhön ratkaisujen hiomiseksi ja nopeaksi toteuttamiseksi. Kehitystyö jatkuu valmistuksen työryhmissä osana organisaation jatkuvaa kehitysprosessia. Keuyen tuotannon "ideaalimalli" on kiteytetty taulukkoon 3.

Keuyen tuotannon mallia konkretisoidaan seuraavassa FM-järjestelmien suunnittelua ja käyttöönottoa koskevalla tarkastelulla. Japanilaisten FM-järjestelmien käyttöönotossa on havaittavissa pyrkimystä kohti uudenlaista suunnittelu- ja käyttöönottopapaa. USA:ssa toisaalta pitäydytään perinteisen suunnittelu- ja toimintohierarkian mukaisissa käytännöissä. Näillä erilaisilla suunnittelu- ja käyttöönotottavoilla näyttää olevan merkittävä yhteys järjestelmän toimintaan ja sen toiminnallis-taloudellisiin hyötyihin.

Taulukko 3. Keuyen tuotannon "ideaalimalli" (Hyötyläinen 1993, s. 47).

	KEYYEN TUOTANNON MALLI
Työorganisaatio	Työryhmäorganisaatio, verkostosuhteet
Ammattitaidon käytötapa	Työntekijöiden monitaitoisuus ja kehittämistoiminta (laatupiiritoiminta)
Ohjausjärjestelmä	Toiminnallinen ja käyttäjäkeskeinen näkökulma, vuorovaikutteinen ja hajautettu ohjausjärjestelmä
Ihminen-konejärjestelmä (käyttöliitännät)	Informaatiojärjestelmä, joka tukee käyttäjiä työn hallinnassa ja ongelmien havaitsemisessa
Päämäärä	"Innovatiivinen" organisaatio

FMS-esimerkki. FM-järjestelmien suunnittelu- ja käyttöönottopapojen eroja voidaan havainnollistaa Jaikumarin (1986) analyysillä USA:n ja Japanin FM-järjestelmien suunnittelu- ja käyttöönottotavoista. USA:n FM-järjestelmien suunnittelussa oli vallalla

perinteinen tekniikkakeskeinen suunnittelutapa. Japanin FM-järjestelmien suunnittelussa oli puolestaan omaksuttu uudenlaisia yhteistoiminnallisia muotoja.

Tutkimus tehtiin vuonna 1984. Siinä vertailtiin 35 yhdysvaltalaisista ja 60 japanilaista FM-järjestelmää. Otos kattoi kummassakin maassa yli puolet sen hetkisten FM-järjestelmien lukumäärästä. Yhdysvaltalaisissa järjestelmissä oli keskimäärin kuusi konetta ja japanilaisissa järjestelmissä seitsemän konetta. Jaikumarin (1986) mukaan:

USA:ssa FM-järjestelmän suunnittelua varten perustetaan erillinen suunnitteluorganisaatio, joka koostuu lukuisista erikoisasantuntijoista, joista kukin vastaa suunnittelusta omalla, eriytyneellä asiantuntija-alueellaan. Suunnittelun päätyttyä valmiiksi suunniteltu järjestelmä toimitetaan sellaisenaan käyttöorganisaatiolle, joka on ollut täysin sivussa suunnittelusta.

Sen sijaan Japanissa FM-järjestelmien suunnittelua varten perustetaan kiinteä suunnitteluryhmä, jossa eri asiantuntijat työskentelevät läheisesti keskenään suunnitteluongelmien ratkaisemiseksi ilman tiukkaa työnjakoa. Suunnittelun jälkeen suunnitteluryhmä siirtyy järjestelmän käyttöönottoon. Suunnittelijat vastaavat järjestelmän käyttöönotosta ja ovat mukana ratkomassa käyttöönottovaiheen ongelmia ja samalla siirtämässä suunnittelutietoutta käyttäjille.

Kokonaisuutena tarkasteltuna yhdysvaltalaisella perinteisellä tavalla ja uudella japanilaisella tavalla on Jaikumarin mukaan aivan erilaiset tulokset - japanilaisten FM-järjestelmien eduksi:

Ensinnäkin Yhdysvalloissa järjestelmien suunnittelu ja ylösajo vei 2 ½–3 vuotta, Japanissa puolet tästä. Miestunteja tarvittiin USA:ssa 25 000 mutta Japanissa vain neljännes tästä. Toiseksi järjestelmät erosivat ratkaisevasti käytössä toiminnallisilta ominaisuuksiltaan. Japanilaiset järjestelmät olivat joustavuudeltaan, käyttöasteeltaan ja häiriöttömyydeltään ylivoimaisia yhdysvaltalaisiin järjestelmiin verrattuna.

Erot ovat huomattavia. Esimerkiksi yhdysvaltalaisissa järjestelmissä tuoteperheen koko oli keskimäärin 10, kun se Japanissa oli 93. Käyttöaste kahden vuoron osalta oli USA:ssa 52 % ja Japanissa 84 %. Lisäksi Japanissa käytetään useissa tapauksissa tehokkaasti hyväksi kolmas vuoro, mikä on harvinaista USA:ssa. USA:ssa järjestelmiin otettiin keskimäärin yksi uusi tuote vuodessa, kun taas japanilaisissa järjestelmissä luku oli 22.

Tärkeänä eroja selittävänä tekijänä Jaikumar esittää suunnittelutapaerojen lisäksi järjestelmien käyttäjien ammattitaidon, mikä oli Japanissa selvästi korkeampi kuin USA:ssa. Japanilaisten järjestelmien menestys riippuu Jaikumarin mukaan jatkuvasta kehittämistyöstä, mikä saavutetaan organisatorisen oppimisen ja kokeilun kautta. Japa-

nissa myös työorganisaatio tukee käyttäjien ammattitaidon täysimittaista hyväksikäyttöä järjestelmän käytössä ja kehittämisessä. Käyttäjät tekevät jatkuvasti ohjelmamuutoksia ja ovat vastuussa sekä osakohtaisten ohjelmien teosta että järjestelmän ohjelmoinnista. Sen sijaan USA:ssa nojaututaan pitkälti perinteisiin työnjaollisiin organisaatiokäytäntöihin.

Jaikumarin japanilaisia FM-järjestelmiä koskevat tiedot asettavat uudella tavoin kysymyksen käyttäjäkeskeisen strategian mukaisen ryhmäorganisaation rajoittuneisuudesta. On ajateltavissa, että erot japanilaisten ja yhdysvaltalaisen järjestelmien välillä on selitettävissä pelkästään käyttäjien ryhmätyöllä, sillä se on yleisempää japanilaisissa kuin amerikkalaisissa järjestelmissä. Tämä selitys on ilmeisesti riittämätön. Erot palautuvat Jaikumarin mukaan pitkälti erilaisiin *suunnittelu- ja käyttöönottopoihin*. Ratkaisevana tekijä japanilaisissa järjestelmissä oli kahden ryhmän, suunnittelijoiden ja käyttäjien, käyttötoimintaan asti ulottunut yhteistoiminta, mikä kuvaa näiden ryhmien keskinäistä verkostosuhdetta. Tämä on uusi elementti käyttäjäkeskeiseen ryhmäorganisaatioon verrattuna (vrt. Boedker & Gronbaek 1996). Japanilaisten järjestelmien käyttöönoton ja käytön organisaatio voidaan nähdä esimerkkinä *verkosto-organisaatiosta*.

Käyttäjäkeskeisen ryhmäorganisaation ja kevyen tuotannon mallin mukaisen verkostoorganisaation välinen raja on liukuva ja kehittyvä. Ryhmäorganisaatio perustuu ryhmiin ja siihen liittyy usein verkostosuhteiden lisääntyminen. Ero on näkökulmassa. Käyttäjäkeskeisessä ryhmäorganisaatiossa painottuvat ryhmän sisäiset verkostosuhteet. Verkosto-organisaatiossa näkökulma laajenee organisaation kokonaistoimintaan, missä ryhmät vaikuttavat osana yrityksen organisaation verkstorakenteita.

Tämän näkökulmaeron voidaan katsoa olevan ratkaisevan, kun kyseessä on organisaation kyky *kehitystoimintaan*. Käyttäjäkeskeisen ryhmäorganisaation voidaan nähdä pohjautuvan "itseohjautuvien" ryhmien malliin (Sandberg 1982). Perustana on työntekijöiden yhtenäinen, korkeaan ammattitaitoon ja ryhmätyöhön nojaava organisaatorakenne. Ammattitaito ymmärretään tällöin perinteisenä ammattipätevyytenä, joka suuntautuu työtehtävien hallintaan. Jos ajatellaan malli äärimmilleen, voidaan organisaation katsoa muodostuvan itsenäisistä työryhmistä, joilla ei välttämättä ole kovin paljon tekemistä toisten työryhmien kanssa eikä organisaation ylemmän tason suunnittelu- ja päätösprosessien kanssa. Tällainen tilanne ei ole otollinen jatkuvalla kehitystoiminnalle. Sen sijaan verkostomainen työryhmäorganisaatio mahdollistaa organisaatiossa eri tasoilla tapahtuvien "kehityssykliden" vuorovaikutuksen ja siten tehokkaan ongelmien havaitsemisen ja ratkaisemisen (ks. Nonaka 1991; Dixon 1999).

5.4 Käyttäjätöiminta

Työntekijöiden oman toiminnan merkitystä on usein vähätelty FM-järjestelmän käyttöönottoprosessissa ja käytön kehitystyössä (Jones 1989; Hyötyläinen 1998). Voidaan kuitenkin väittää, että käyttöönoton ja käytön kehitysprosessissa käyttäjien toiminnalla voi olla merkittävä osuus. Parhaiten tämä tulee esille *häiriöiden hallinnassa ja järjestelmän toiminnan kehitystyössä* (Toikka ym. 1991; Toikka & Kuivanen 1993).

FM-järjestelmän käyttöönotto tuo korostuneesti esille häiriönhallinnan merkityksen. FMS:ssä häiriönpoistosta on muodostunut käyttäjille uusi, vaativa tehtävä. Häiriötön toiminta on yksi FM-järjestelmän taloudellisuuden perustekijöistä. Kalliina investointina FM-järjestelmän taloudellisuus on keskeisesti riippuvainen käytettävyydestä ja käyttöasteesta (Hyötyläinen & Simons 1990; Hyötyläinen 1993).

FM-järjestelmä on luonteeltaan integroitunut kokonaisuus, missä ohjaus- ja materiaalijärjestelmä kytkee valmistusprosessin eri työvaiheet toiminnallisesti ja ajallisesti tiukasti toisiinsa. Työtöiminta ja erityisesti häiriöiden poistaminen edellyttävät käyttäjiltä järjestelmän kokonaisuuden ja sen tuotannollisen tilanteen huomioon ottamista. Käyttäjien täytyy kyetä toimimaan ennakoimattomissa häiriötilanteissa ja poistamaan nopeasti häiriöt. Käyttäjiltä vaaditaan siten *systemisuuntautunutta toimintatapaa*, minkä perustana on järjestelmän toimintaperiaatteiden hallinta ja tähän perustuva käyttäjien välinen yhteistöiminta ja kommunikaatio (Norros ym. 1988, s. 146–148; Norros 1991 ja 1996; ks. Zuboff 1988, s. 58–96). Koska FM-järjestelmän toiminta perustuu pitkälti tietokonepohjaiseen ohjaukseen ja kappalekohtaisten ohjelmien tekemiseen, ohjaus esineellistyy valmistusprosessia ja sen toimintaa koskevinä malleina (Hirschhorn 1986, s. 52–55; Engeström 1994). Tämän takia järjestelmän hallinta ei ole mahdollista ilman näiden *käsitteellisten mallien omaksumista ja käyttöä*, mikä on osa käyttäjien systemisuuntautuneen toimintatavan perusteita.

Jokainen FM-järjestelmä edellyttää järjestelmäkohtaista kehittämistyötä, sillä FMS uutena tekniikkana vaatii räätälöityjä ratkaisuja. Myös FM-järjestelmän sovittaminen tuotantojärjestelmän ja tuotteiden tarpeisiin sekä toiminnan optimointi on pitkäaikainen prosessi, mikä edellyttää käyttäjiltä järjestelmään kohdistuvaa parannus- ja kehittämistöimintaa. Tämä vaatii käyttäjiltä *ammattitaitoa ja kehittämömotivaatiota*.

Käyttäjät voivat kuitenkin toimia eri tavoin suhteessa käyttöönotossa ja käytössä eteen tuleviin ongelma- ja häiriötilanteisiin sekä kehittämisvaateisiin. Käyttäjien yhteiseen "käyttäjätöimintatapaan" vaikuttaa ratkaisevasti yritys- ja tuotantojohdon omaksuma käyttöönottostrategia (Clark & Starkey 1988; Norros 1991; Hyötyläinen 1993 ja 1994). Yleisesti voidaan todeta, että käyttäjakeskeisen ryhmäorganisaatiotyypin mukaiset ratkaisut edistävät käyttäjien systemisuuntautuneen toimintatavan muodostumista ja

kehittämismotivaation kehittymistä. Tämä puolestaan parantaa käyttäjien häiriönhallintaa ja edellytyksiä osallistua järjestelmän toiminnan optimointiin ja kehittämiseen. Kevyen tuotannon mallin mukaiset suunnittelu- ja käyttöönototavat ja organisaatiomuodot luovat käyttäjille uudentasoiset mahdollisuudet tulla mukaan järjestelmän kehitystoimintaan.

Käyttäjät voivat erota myös yksilölliseltä orientaatioltaan toisistaan (Toikka ym. 1991, s. 23–32; Norros 1996; Hyötyläinen 1998). Yhtenä mahdollisuutena on se, että käyttäjä voi jopa vetäytyä ongelmatilanteista. FM-järjestelmän toiminnan voidaan kuitenkin nähdä edellyttävän vähintään sitä, että käyttäjä osallistuu ongelmien ja häiriöiden poistamiseen, jotta normaalitoiminta voi jatkua. Kehittyneimmillään käyttäjien häiriöorientaatio voi johtaa tietoiseen yhteistoiminnalliseen FM-järjestelmän ja jopa sen rajat ylittävään kehittämistoimintaan.

6. Kaksi tapaustutkimusta: häiriönhallinta ja kehitystoiminta käyttöönotossa ja käytössä

Tapaustutkimusten kohdejärjestelmiä kutsutaan tutkimuksessa kohteiksi A ja B. Molemmissa tapauksissa on kyse FM-järjestelmän käyttöönotosta ja käytöstä. Järjestelmät A ja B kuuluivat eri yrityksiin (Norros ym. 1988; Toikka ym. 1991; Hyötyläinen 1998). Myöhemmin luvussa 8 käsitellään kolmannen tapaustutkimuksen C tuloksia.

Vuonna 1985 alkanut ja vuoteen 1990 kestänyt FMS-tutkimus jatkui kahtena toisiaan seuraavana päävaiheena, joiden kuluessa tutkimuksen ongelmanasettelut ja painopisteet kehittyivät. FMS-tutkimuksen *ensimmäinen vaihe* kohdistui järjestelmään A. *Tapaustutkimuksen A* kohteena olevassa konepajassa otettiin käyttöön laaja FM-järjestelmä. Erityisesti haluttiin saada tietoa siitä, millaista työtapaa FMS:n hallinta edellyttää käyttäjiltä. FMS-tutkimuksen *toinen vaihe* alkoi vuoden 1989 alussa. Ensimmäisen vaiheen tulosten perusteella huomio kiinnitettiin erityisesti FMS:n käyttövaiheen häiriöihin sekä käyttäjien häiriönhallintaan ja sen muodostumiseen. Tässä vaiheessa tapaustutkimus A jatkui, mutta mukaan otettiin myös järjestelmä B. Järjestelmä B oli suhteellisen pieni FM-järjestelmä, jonka käyttöönotosta oli tutkimusajankohtana kulu-
nut jo neljä vuotta. Tarkoituksena oli saada tietoa jo "kypsässä" vaiheessa olevan FM-järjestelmän häiriöistä sekä käyttäjien häiriönhallinnasta ja kehittämistoiminnasta (ks. Norros ym. 1988; Toikka ym. 1991; Hyötyläinen 1993).

6.1 Järjestelmän A käyttöönotto- ja käyttöprosessi

6.1.1 Käyttöönotto

Järjestelmä A otettiin käyttöön vaiheittain. Lämpökäsittelylaitos tuli tehtaalle marraskuussa 1985 ja ensimmäisen työstösolun koneet tulivat joulukuussa 1985. Sekä lämpökäsittelylaitoksen että ensimmäisen solun käyttöönotto alkoi vuoden 1986 alussa. Korkeavaraston ja hyllystöhissin käyttöönotto alkoi maaliskuussa 1986. Toisen työstösolun käyttöönotto alkoi elokuussa 1986. Kolmannen työstösolun käyttöönotto alkoi lokakuussa 1987. Keskusohjaus otettiin käyttöön marraskuussa 1987. Täten koko järjestelmän pystytykseen meni lähes kaksi vuotta, vaikka siihen oli suunniteltu käytettäväksi kymmenen kuukautta (Norros ym. 1988). Normaaliin käyttöön voidaan katsoa päästäneen keväällä 1988, kun järjestelmässä siirryttiin työskentelemään kahdesta kolmeen vuoroon (Hyötyläinen ym. 1990).

Järjestelmän suunnittelussa nähtiin suunnittelun ja käytön suhde perinteisesti, ts. käyttöönottovaiheen suunnittelutarvetta ei otettu riittävästi huomioon (Norros ym. 1988). Yhteyden suunnittelun ja käyttöönoton välille muodosti kuitenkin *järjestelmän vetäjä*, sillä

hän vastasi prosessisuunnittelusta ja ohjasi koko suunnitteluvaihetta. Käyttöönottoa joh- taessaan hän välitti suunnittelutietoa käyttöönottoon (ks. Norros ym. 1988, s. 161–162).

Kaikesta huolimatta järjestelmän ylösajo ja käyttöönotto jäi suuressa määrin *käyttäjien vastuulle*. Käyttäjät osallistuivat alusta asti soluttain tapahtuneeseen järjestelmän konei- den asennukseen ja käyttöönottoon. Järjestelmän ylösajo oli samalla koulutusprosessi, jonka kuluessa käyttäjät oppivat käyttämään järjestelmän koneita ja laitteita. Käyttäjät tekivät myös kaikki kappalekohtaiset ohjelmat roboteille, työstökoneille ja lämpö- käsittelyyn.

Yllätyksen tuotti se, että *ensimmäisen työstösolun ylösajo* kesti huomattavasti kauem- min kuin oli osattu odottaa, noin kymmenen kuukautta. Kävi ilmi, että tarvittiin paljon räätälöintiä ennen kuin soluun eri toimittajilta hankitut koneet ja laitteet saatiin ohjel- mallisesti ja mekaanisesti toimimaan keskenään ja ne saatiin sovitetuksi järjestelmän tuotteille. Ensimmäisessä työstösolussa saatua ohjelmointi- ja käyttökokemusta käyt- täjät kykenivät hyödyntämään kahdessa seuraavassa työstösolussa, jolloin nämä saatiin toimintakuntoon huomattavasti nopeammin kuin ensimmäinen solu, noin kahdessa kuukaudessa (ks. Norros ym. 1988, s. 166–168).

Solujen käytön ja työtehtävien opettelussa liikkeelle lähdettiin siitä, että kunkin solun käyttöönoton yhteydessä koulutettiin kaksi työntekijää solun "eksperteiksi" (ks. Norros ym. 1988, s. 175–178). Tarkoituksena oli sitten työntekijöiden koulutuskierron avulla saavuttaa vähitellen käyttäjien yhtenäinen järjestelmän hallinnan taso ja tähän perustuva ryhmätyötapa, mikä oli suunnitteluvaiheessa asetettu organisaation kehittämis- tavoitteeksi.

Käyttäjakeskeisen organisaatiostrategian mukaiset tavoitteet eivät kuitenkaan täysin toteu- tuneet käyttönotossa. Aluksi koulutuskiertoa toteutettiin johdonmukaisesti, mutta käyt- töönoton viivästyessä laitetoimitusten myöhästymisen takia tuotannolliset paineet syrjäyt- tivät opetteluvaatimukset. Koulutuskiertoon tuli kahteen otteeseen yli puolen vuoden katkokset. Tämän takia työntekijöiden työn hallinnassa syntyi väliaikaisesti eriytymiske- hitystä. Vasta kun keväällä 1988 siirryttiin tuotantomäärien kasvaessa järjestelmän käytössä kahdesta kolmeen vuoroon, tuli välttämättömäksi päästä kunkin vuoron sisällä miehityksen vähäisyydestä ja järjestelmän toiminnallisista tarpeista johtuen joustavaan yhteistoiminnalliseen työskentelyyn. Koulutuskierto käynnistettiin tämän takia uudestaan. Koulutuskierron jatkumisen seurauksena kaikki työntekijät alkoivat vuotta myöhemmin keväällä 1989 hallita jo järjestelmän kaikki tehtävät (Hyötyläinen ym. 1990).

Perinteisellä tavalla tapahtuneen suunnittelun rajat tulivat selvästi näkyviin myös käyttönotossa ilmenneinä *häiriöinä ja ongelmina* sekä näihin kohdistuneina *häiriön- poisto-, suunnittelu- ja kehittämistoimina*. Järjestelmän soluttain edenneen käyttöönoton

kuluessa 15 kuukauden ajanjaksona (syyskuu 1986 - marraskuu 1987) tutkimuksessa rekisteröitiin kaikkiaan 110 uutta erilaista häiriötä sekä 29 käyttäjien kehittämisehdotusta tai järjestelmän parannustoimenpidettä (ks. Norros ym. 1988, s. 168–174). Taulukko 4 kuvaa käyttäjien toimenpiteitä häiriöiden poistamiseksi ja ehkäisemiseksi 15 kuukauden havaintojakson aikana järjestelmän A käyttöönottovaiheessa.

Taulukko 4. Käyttäjien häiriönpoisto- ja kehittämistoimenpiteet syyn mukaan järjestelmän A käyttöönottovaiheessa (15 kk:n havaintojakso) (Toikka ym. 1991, s. 55).

TOIMENPIDE	Häiriönpoisto	Kehittämistoimi
SYY	(n = 110)	(n = 29)
	%	%
Häiriö:		
- suunnitteluperustainen häiriö	34	34
- komponentti- ja laitevika	31	18
- käyttäjän virhe	20	7
- ulkoinen tekijä	7	-
- syy epäselvä	8	-
Optimointi		41
Yhteensä	100	100

Taulukon 4 vasemman sarakkeen luvut esittävät *käyttäjien häiriönpoistotoimenpiteitä*. Luvut ovat yhtenevät uusien erilaisten häiriöiden jakauman kanssa, sillä käyttäjät tekivät jokaiseen rekisteröityyn häiriöön liittyen eri asteisia toimenpiteitä häiriön poistamiseksi. Suunnitteluperustaiset häiriöt johtuivat joko suunnitteluvirheestä tai puutteesta suunnittelussa, kuten esim. robotin tarttujan ulottuvuuksien sopimattomuus tai epäonnistunut paletin konstruktio. Suunnitteluperustaisten häiriöiden suuri osuus (34 %, 37 kpl) ja näihin kohdistunut häiriönpoistotarve osoittaa, että järjestelmän käyttöön- otossa esiintyi huomattavaa suunnittelutarvetta.

Käyttäjien 29 kehittämistoimesta 34 % (10 kpl) kohdistui suunnitteluperustaisten häiriöiden eliminointiin, mikä osoittaa sen, että käyttäjät pystyivät myös tekemään kehittämistoimia suunnitteluperustaisten häiriöiden poistamiseksi. Esimerkkinä tällaisesta kehittämistoimesta voidaan mainita kappaleen huono kiinnittyminen työstökoneen leukoihin ja tästä aiheutuneet, toistuvat mittavirheet. Käyttäjät poistivat syyn suunnittele- malla leukojen yhteyteen kappaleen kiinnittymistä ohjaavan mekaanisen rajoittimen (Toikka ym. 1991, s. 57). Kaikkiaan käyttäjät tekivät 59 % (17 kpl) kehittämistoimenpiteistä reaktiona järjestelmän häiriöihin. Loput 41 % (12 kpl) kehittämistoimenpiteistä eivät olleet välittömänä vastauksena häiriöihin, vaan ne suuntautuivat häiriöiden ennalta ehkäisyyn tai toiminnan optimointiin. Näyttää siten selvältä, että

käyttäjien kehittämistoimenpiteet ovat olleet vastaus ennen muuta juuri häiriöinä ilmenevään vaatimukseen jatkaa järjestelmän suunnittelua käyttöönoton aikana.

On syytä olettaa, että käyttäjät eivät rekisteröineet kaikkia häiriötä eikä kehittämistoimia. Käyttäjien on vaikeata erottaa monia pieniä häiriöitä järjestelmän normaalista toiminnasta. Samoin rajanveto jokapäiväisten järjestelmään kohdistuvien parannustoimien ja käyttäjien normaalin työn välillä voi olla joskus vaikeaa. Käyttäjien omiin kirjauksiin perustuneesta rekisteröintitavasta johtuen monet tällaiset häiriönpoisto- ja kehittämistoimet ovat todennäköisesti jääneet merkittämättä, joten taulukon tapausluvut voisivat todellisuudessa olla paljon suuremmat.

6.1.2 Käyttö ja kehittämistoiminta

Kuten edellä todettiin, käyttäjät tekivät käyttöönottovaiheessa häiriönpoistotoimenpiteitä kaikissa rekisteröidyissä häiriöissä. Samoin he tekivät kehittämistoimia häiriöiden syiden poistamiseksi. Jo käyttöönottovaiheen aikana käyttäjien toiminta laajeni myös järjestelmän toiminnan optimointiin. Lisää todisteita käyttäjien toiminnasta saatiin seurattaessa toukokuussa 1989 - puolitoista vuotta koko järjestelmän käyttöönoton jälkeen - järjestelmän käyttöä kolmen vuoron aikana minuuttiaikataululla. Lisäksi kaikki käyttäjät haastateltiin. Tarkoituksena oli selvittää käyttäjien tekemät kehittämistoimet sekä heidän työorientaationsa.

Intensiivihavainnoinnin aikana rekisteröitiin kaikkiaan 36 erilaista häiriötä, joihin käyttäjät myös tekivät häiriön poistotoimenpiteitä. Käyttäjät olivat ilmoituksensa mukaan tehneet 16 kehittämistointia järjestelmän puolitoistavuotisen normaalitoiminnan kuluessa (tammikuu 1988 - toukokuu 1989). Taulukko 5 kuvaa käyttäjien toimenpiteitä häiriöiden poistamiseksi ja ehkäisemiseksi järjestelmän A normaalitoiminnan aikana.

Järjestelmässä oli yllättävän paljon häiriöitä. Intensiivihavaintojaksolla rekisteröitiin 36 erilaista häiriötä, joista osa esiintyi kahdesti tai useammin. Kaikkiaan kolmen vuoron aikana sattui 69 häiriötä eli noin 3 häiriötä tunnissa. Kunkin käyttäjän työajasta kului keskimäärin 21 % häiriönpoistoon (ks. Toikka ym. 1991). Merkittävää on suunnittelu-perustaisten häiriöiden suuri osuus vielä järjestelmän normaalitoiminnankin aikana. Tämä viittaa siihen, että järjestelmän käytön ja tuotanto-olosuhteiden muuttuessa ilmenee jatkuvasti uusia häiriöitä, joiden syiden poistaminen vaatii suunnittelu-toimenpiteitä.

Käyttäjien kehittämistoiminta on jatkunut edelleen järjestelmän käyttöönottovaiheen jälkeen. Koko järjestelmän käyttöönoton jälkeen vuoden 1988 alusta vuoden 1989 kevääseen mennessä käyttäjät ovat ilmoituksensa mukaan tehneet 16 kehittämissuositusta tai

parannustoimenpidettä. Näiden lisäksi järjestelmän vetäjän omasta toimesta on samana ajanjaksona toteutettu 6 järjestelmään kohdistunutta muutos- ja kehittämistoimenpidettä (ks. Toikka ym. 1991, s. 58–69).

Taulukko 5. Käyttäjien häiriönpoisto- ja kehittämistoimenpiteet syyn mukaan järjestelmän A normaalitoiminnan aikana (ks. Toikka ym. 1991, s. 37 ja 67).

TOIMENPIDE	Häiriönpoisto	Kehittämistoimi
SYY	(1 vrk:n havaintojakso) (n = 36) %	(1 1/2 vuoden kuluessa) (n = 16) %
Häiriö:		
- suunnitteluperustainen häiriö	42	31
- komponentti- ja laitevika	25	-
- käyttäjän virhe	19	-
- ulkoinen tekijä	-	-
- syy epäselvä	14	-
Optimointi		69
Yhteensä	100	100

Käyttäjien kehittämissuhteista 69 % (11 kpl) kohdistui häiriöiden ennaltaehkäisyyn tai järjestelmän optimointiin. Nämä ehdotukset koskivat solutasolla mm. kone- ja laiteparannuksia sekä työstömenetelmien kehittämistä. Järjestelmätasolla ehdotukset kohdistuivat materiaaliliikenteen sekä organisaation kehittämiseen. Käyttäjät tekivät myös järjestelmän rajat ylittäviä ehdotuksia. Esimerkkinä järjestelmän rajat ylittävistä toimenpiteistä on käyttäjien ehdotus johdon suunnitteleman uuden erillisen työstösolun laajentamiseksi ja liittämiseksi osaksi järjestelmää A. Käyttäjien mukaan järjestelmien yhdistämisellä saavutettaisiin joustavuuden ja kapasiteetin lisääntyminen sekä työvoimasäästöjä.

Loput 31 % (5 kpl) ehdotuksista olivat vastauksena suunnitteluperustaisiin häiriöihin. Ne kohdistuivat yksittäisiin koneisiin ja laitteisiin. Tyypillisesti parannukset olivat vastauksena toistuviin häiriöihin.

Johto oli kuitenkin ollut haluton toteuttamaan käyttäjien esittämiä kehittämistoimia. Tähän on nähtävissä ainakin kolme syytä. Ensinnäkin FM-järjestelmä toimi riittävän hyvin tuottaen halutun määrän riittävän laadukkaita tuotteita. Toiseksi ei ollut kovin pakottavaa taloudellista tarvetta järjestelmän toiminnan tehostamiseksi, koska vain pieni osa tuotteista meni suoraan markkinoille. Suurin osa tuotannosta meni osina saman tehtaan lopputuotteiden kokoonpanoon. Kolmanneksi tehtaalla ei ollut laajemmin käytössä

käyttäjakeskeisen strategian ryhmäorganisaatiotyypin mukaista toimintamallia. Täten uudella tavalla toimiva FMS-organisaatio törmäsi muun organisaation perinteisempään toimintatapaan (ks. Hirsch-Kreinsen & Schultz-Wild 1990; Köhler & Schultz-Wild 1985). Tämä oli omiaan vaikeuttamaan FMS-käyttäjien parannus- ja kehittämistoiminnan edistämistä. Tästä johtuen tilanne oli kesällä 1989 johtamassa siihen, että käyttäjien motivaatio oli alkanut laskea. Heidän halukkuutensa kehittämistoimien tekemiseen oli vähentynyt, koska johto ei tukenut käyttäjien aloitteellisuutta järjestelmän toiminnan kehittämiseksi ja heidän tekemiensä ehdotusten läpivientiä (ks. Hyötyläinen ym.1990; Hyötyläinen 1993).

Ei ole kuitenkaan syytä olettaa, että tilanne säilyy välttämättä tällaisena. Puolitoista vuotta järjestelmän käyttöönoton ja kolme ja puolivuotta järjestelmän soluttain alkaneen käyttöönoton jälkeen järjestelmä ei ollut vielä valmis. Tätä osoittaa mm. edellä todettu suuri häiriötaso, minkä vähentäminen edellyttää kehittämistoimia. Lisäksi oli tiedossa tarve tuotantomäärän lisäämiseen ja samanaikaiseen valmistettavan tuoteperheen koon kasvattamiseen neljänneksellä (Hyötyläinen ym. 1990). Tämä merkitsee sitä, että järjestelmän toimivuus ja taloudellisuus voi muodostua uudessa tilanteessa ongelmalliseksi. Näiden ongelmien ratkaiseminen on vaikeata ilman järjestelmän edelleen kehittämistä ja käyttäjien osallistumista tähän kehitystoimintaan.

6.1.3 Yhteenveto

Järjestelmällä A saavutettiin melko pitkälle asetetut *operatiiviset tavoitteet*, jotka koskivat kapasiteetin nostoa, läpimenoajan lyhentämistä, eräkokojen pienentämistä, varastojen vähentämistä ja laadun parantamista. Välittömien työntekijöiden määrä putosi puoleen aikaisempaan valmistusjärjestelmään verrattuna. Lisäksi työnjohto-, menetelmäsuunnittelu- ja laadunvalvontatehtävien osalta vapautui tukihenkilöstön työaika (ks. Norros ym. 1988; Seppälä 1988; Hyötyläinen 1993). Hyödyt ovat siten tyypillisiä kansainvälisesti katsoen pienten FM-järjestelmien hyötyjä: tuottavuuden kasvu, kapasiteetin lisäys, läpäisyajan lyhentyminen ja laadun parantuminen (Ranta & Tchijov 1990). Lisäksi tuotejoustavuus säilyi lähes ennallaan. Tosin vanhan valmistusjärjestelmän n. 70 tuotteesta valittiin FM-järjestelmän tuoteperheeseen vain tavalliset tuotteet, jolloin eräitä erikoistuotteita jäi FMS:n ulkopuolelle. FM-järjestelmässä valmistettiin kuitenkin kesällä 1989 jo n. 60 erilaista tuotetta ja uusia tuotteita oli tulossa tuotantoon. Tuoteperhe oli siis jo ylittänyt suunnittelussa tavoitteeksi asetetun 50 kappaleen määrän (Hyötyläinen ym. 1990).

Käyttäjät saivat järjestelmän toimimaan, mutta se toimi korkealla häiriötasolla. Järjestelmän häiriötaso oli suhteellisen korkea, sillä käyttäjien työajasta keskimäärin viidennes kului häiriöiden poistamiseen. Järjestelmän A käyttöönotto tuo korostuneesti

esille häiriönhallinnan merkityksen ja käyttäjien osuuden käyttöönotossa ja käytössä eteen tulevien ongelma- ja häiriötilanteiden ratkaisemisessa. Käyttäjät eivät vetäytyneet ongelmatilanteista. Runsaista häiriöistä johtuen järjestelmän toiminta ei olisi ollut mahdollista ilman käyttäjien häiriönpoistotoimintaa. Järjestelmän toiminta oli mahdollista vain käyttäjien jatkuvien ponnistelujen avulla. Käyttäjät olivat myös tehneet koko ajan kehitystoimia häiriöiden poistamiseksi sekä järjestelmän toiminnan optimoimiseksi ja kehittämiseksi. Käyttäjät olivat tehneet jopa järjestelmän rajat ylittävän kehitysehdotuksen, joka koski järjestelmän laajentamista uudella solulla (Hyötyläinen 1993).

6.2 Järjestelmän B käyttöönotto- ja käyttöprosessi

6.2.1 Käyttöönotto

Järjestelmässä B *koneiden asennus ja käytiinajo* tapahtui touko-elokuussa 1985. Elokuussa testattiin toimittajien kanssa järjestelmän toiminta. *Käyttöönotto* alkoi syyskuussa 1985. Valmistuspäällikön käsityksen mukaan päästiin normaaliin käyttövaiheeseen jo vuoden 1985 lopulla. Käyttöönotto sujui hänen mukaansa suunnitellun aikataulun mukaisesti. Puolivuotta käyttöönottovaiheen alkamisen jälkeen keväällä 1986 valmistuspäällikkö arvioi investoinnin olleen järkevän ja onnistuneen. Kuitenkin järjestelmän käyttöönotossa oli ollut ja oli tuolloin yhä ongelmia, jotka vaativat kehitystoimenpiteitä. Seuraavassa analysoidaan näitä *ongelmia sekä tehtyjä ja suunniteltuja kehitystoimia* (Hyötyläinen 1993).

- Käyttäjät kokivat toimittajan antaman koneistuskeskuksen ohjelmointikoulutuksen olleen puutteellisen. Sisäänajovaiheessa ei myöskään ollut riittävästi kappalekohtaisia ohjelmia. Aluksi oli ongelmia myös koneistuskeskuksen toiminnassa. Häiriöiden osuus oli alussa yli 10 % käyttöajasta. Puolivuotta käyttöönoton alun jälkeen koneistuskeskuksen käytössä oli jo päästy 14 tuntiin vuorokaudessa. Osa tästä tuli miehittämättömästä käytöstä yövuoron aikana. Käytettävyydessä arvioitiin tuolloin päästävän 18 tuntiin vuorokaudessa.
- Käyttöönottovaiheessa tuli esille, että käyttäjien jäysteenpoistoon käyttämä aika kasvoi suureksi. Tämä johti suunnitelmiin robotin hankkimiseksi jäysteenpoistoon. Robotti asennettiin vuoden 1986 lopulla. Käyttöönotossa osoittautui ongelmaksi myös työstettyjen kappaleiden pesu. Tehtaalla oli keväällä 1986 suunnitelmia isomman pesukoneen hankinnasta.
- Huolimatta FMS:n käytön tuomista uusista suunnittelu- ja valmistelutehtävistä käsityön osuus oli keväällä lähes puolet FMS-vuoron kokonaisuudesta. Käyttöönoton

aikana käyttäjät organisoivat keskuudessaan vuoron sisäisen työkierron. Vuoron käyttäjät vuorottelevat viikottain keskenään tehtäviä siten, että toinen hoitaa ohjaus- ja valvontatehtävät (koneiden valvonta, kuormitus ja päätetyöskentely, työkaluista huolehtiminen) ja toinen lähinnä käsityöt (panostus ja purku, jäysteenpoisto, mittaaminen, kappaleiden pesu).

- Palkkauksen järjestäminen vei aikaa. Vasta puolivuotta käyttöönoton alkamisen jälkeen otettiin käyttöön uudet palkkausperusteet. Palkkauksen tuotantopalkkio osuus sidottiin FMS:n koneistuskeskuksen käyttösuhteeseen.

6.2.2 Käyttö ja kehittämistoiminta

Järjestelmää B ja käyttäjien toimintaa analysoitiin FMS-tutkimuksessa syksyllä 1989, jolloin oli kulunut neljä vuotta järjestelmän käyttöönottovaiheen alkamisesta. Erityisen näkökulman tutkimukseen toi se, että tuolloin yrityksessä oltiin suunnittelemassa järjestelmän B korvaavaa uutta FM-järjestelmää. Kehitystoiminnan painopiste oli siten siirtymässä uuden järjestelmän suunnitteluun (Toikka ym. 1991; Hyötyläinen 1993).

Vajaan neljän vuoden aikana järjestelmän B toiminta oli kehittynyt huomattavasti. Voitiin todeta, että järjestelmä B asettui toiminnallis-taloudellisilta ominaisuuksistaan suomalaisten FM-järjestelmien kärkipäähän (ks. Mieskonen 1989). Seuraavassa esitetään *järjestelmän toiminnan* ulottuvuuksia (Hyötyläinen 1993):

- Järjestelmän käytettävyys oli hyvä. Käytössä oli kaksi miehitettyä vuoroa ja kolmannen vuoron aikana järjestelmää käytettiin miehittämättömänä. Järjestelmällä oli päästy 10 tunnin miehittämättömään jaksoon asti. Tarvittaessa järjestelmää voitiin käyttää myös viikonloppuisin, tosin miehittettynä.
- Järjestelmän käyttösuhte oli korkea, 80–90 % ja häiriöitä oli suhteellisen vähän.
- Joustavuus oli suhteellisen suuri. Tuoteperheen koko oli noin 70 ja eräkkö 1–60. Tavallisimmin eräkkö oli 1–10. Vuosittain tuli 10–15 uutta tuotetta valmistukseen. Järjestelmän suunnitteluvaiheessa tuoteperheen kooksi oli ajateltu vain 20.
- Tuottavuus oli myös noussut. Tuotantomäärät olivat kasvaneet, mutta FMS-käyttäjien määrä oli pudonnut neljästä kolmeen. Täten FMS oli kokonaisuudessaan vähentänyt työntekijöiden määrää 50 % vanhaan valmistukseen verrattuna.

Voidaan kysyä, mitä sellaisia *muutoksia* oli tapahtunut, jotka voisivat selittää järjestelmän toimintaa ja sen kehitystä. Tässä voidaan erottaa (1) välittömät järjestelmä-

tekniikkaan kohdistuneet parannukset ja (2) organisaatiokäytäntöjen kehitys sekä (3) FMS-käyttäjien ongelmanratkaisu- ja kehittämistoiminta. Näitä tekijöitä käsitellään seuraavassa (Hyötyläinen 1993):

(1) *Välittömät järjestelmätekniikkaan kohdistuneet parannukset.* Jäysteenpoistorobotti oli asennettu helpottamaan jäysteenpoistotehtäviä. Järjestelmään oli hankittu myös oma pesukone. Koneistuskeskuksen työkalujärjestelmää oli laajennettu, jotta selvittiin kasvaneesta tuoteperheestä. Samalla kasvanut työkalujärjestelmä mahdollisti varatyökalujen käytön, millä voitiin parantaa käytettävyyttä häiriötilanteissa. Myös koneistuskeskuksen ohjelmien säilytystä varten oli hankittu mikrotietokone, koska kasvanut ohjelmistomäärä ei enää sopinut koneistuskeskuksen ohjauksen muistiin. Myös kappaleiden laatuun oli kiinnitetty lisääntyvää huomiota, mm. mittauksia oli lisätty.

(2) *Organisaatiokäytäntöjen kehitys.* Tuoteverstaas- ja soluorganisaatiota oli kehitetty edelleen. Tuotannon ja työnsuunnittelu oli tullut verstaalla tehtäväksi. Tästä vastasivat verstaapäällikkö ja työnjohtajat. FMS-käyttäjät osallistuivat myös osaltaan valmistuksen ohjaustehtäviin. Laadunmittaus oli siirtynyt yksinomaan verstaalla tehtäväksi. Myös materiaalitoiminnoista oli vastuu siirretty verstaalle.

FMS:n lattiatason organisaatiossa oli kuljettu kasvavassa määrin kohti käyttäjakeskeisen strategian organisaatiotyyppin mukaista käytäntöä. Periaatteena oli, että kaikki kolme käyttäjää osaavat kaikki käyttäjille työnjako ja käyttäjien tehtävät esitetään taulukossa 6. Taulukko kuvaa järjestelmän B työnjakoa syksyllä 1989, jolloin oli kulunut neljä vuotta järjestelmän käyttöönotosta.

Työnjohtaja vastasi työkalutilanteen valvonnasta ja huolehti tarpeellisten työkalujen saannista ja riittävydestä. Kokonaan FMS-käyttöorganisaation ulkopuolella oli mm. materiaalihankinta, joka hoidettiin keskitetysti verstaalla.

Työnjohtajan haastattelulausunto vahvisti, että käyttäjien ja muun organisaation työnjako oli kehittynyt ajan mittaan käyttäjien vastuun laajenemisen suuntaan. Tämä oli näkynyt ennen muuta häiriönpoistossa, menetelmäkehityksessä ja valmistuksen ohjauksessa. Tehtaan johdon näkemyksen mukaan FMS-käyttäjien tehtäviä tulisi laajentaa edelleen ohjelmoinnin, laadunohjauksen ja ennakkohuollon suuntaan (ks. taulukko 6).

Taulukko 6. FMS-käyttäjien tehtävät järjestelmässä B.

TEHTÄVÄ	KÄYTTÄJIEN OSUUS	MUIDEN OSUUS
VÄLITTÖMÄT KÄYTTÖTEHTÄVÄT		
- Kappaleiden käsittely (kiinnitys, purku, siirrot)	kokonaan	
- Kappaleiden viimeistely	kokonaan	
- Koneiden käynnistys ja pysäytys	kokonaan	
- Automaattitoimintojen valvonta	kokonaan	
- Työkalujen valvonta ja vaihto	kokonaan	
KÄYTÖN VALVONTA		
- Laadunvalvonta	mittaukset	pistokokeet, kriittiset kappaleet: <i>laadunvalvoja</i>
- Kunnossapito	yleishuolto (lastut, nesteet, siivoukset)	kone- ja laitehuolto: <i>tehdaspalvelu</i>
- Häiriönpoisto	pienet häiriöt	suuremmat korjaukset: <i>tehdaspalvelu</i> <i>maahantuoja</i>
VALMISTELU		
- Esiasetukset	kokonaan	
- Ohjelmien testaus ja korjaus	kokonaan	
SUUNNITTELU		
- Kehittämistoiminta (menetelmä- ja laitekehitys) Ohjelmointi	aloitteita ja omia muutoksia	systemaattinen menetelmäsuunnitelu: <i>työjohtaja</i>
- Valmistusohjelman laatiminen	vihivaunu ja robotti työjonojen muodostaminen	koneistuskeskus: <i>työnjohtaja</i> valmistusohjelma: <i>työnjohtaja</i>

(3) *FMS-käyttäjien ongelmanratkaisu- ja kehittämistoiminta.* FMS-käyttäjien ryhmäkeskustelussa tiedusteltiin käyttäjien tekemiä järjestelmän kehittämissuunnitelmia. Käyttäjät mainitsivat kahdeksan kehittämistoimintaa ja -ehdotusta, jotka ovat (Toikka ym. 1991; Hyötyläinen 1993):

- viimeistelypaikan suunnittelu
- rullarata materiaalikäsittelyn helpottamiseksi
- kappaleiden tarkastuslaitteiden suunnittelu
- työkaluteline viimeistelypaikalle
- valaistusjärjestelyt viimeistelypaikalle
- kappaleen asetuksiin mallipaloja, joiden avulla kappaleet saadaan suoraan ohjaimet vihivaunuun, ettei paletti mene vinoon tai liian pitkälle robotille ajettaessa
- imuri koneistuskeskuksen siivoamisen helpottamiseksi.

Näistä viimeinen ehdotus ei ollut vielä toteutunut. Luonteenomaista käyttäjien mainitsemille kehittämisehdotuksille on se, että ne suuntautuvat sellaisiin laitteita ja työskentelytiloja koskeviin kehittämistoimiin, jotka helpottavat työtä ja parantavat järjestelmän toimintaa. Kehittämisehdotuksista vain kaksi oli välittömästi häiriöön ja sen syyn poistamiseen liittyvää (mallipalat kappaleiden suoraan kiinnittämistä varten; paletin luisumisen estävät ohjaimet vihivaunuun).

Käyttäjät olivat tehneet myös aloitteen, joka ulottui järjestelmän rajojen muuttamiseen. He olivat esittäneet organisaatio- ja palkkausmuutosta siten, että FMS:ssä ja muilla vihivaunun ympärillä olevilla koneilla (koneistuskeskus ja kaksi sorvia) työskentelevät ryhmät muodostaisivat yhden ryhmän, jolla olisi sisäinen työkierto ja yhteinen tuotantopalkkio.

On luultavaa, etteivät käyttäjät muistaneet kaikkia vuosien mittaan tekemiään kehittämisehdotuksia. Yhtä todennäköistä on, että käyttäjät eivät lue monia tekemiään parannus- ja kehitystoimia kehittämisehdotuksiksi. Nämä katsotaan osaksi "normaali-toimintaa". Käyttäjät myös ryhmäkeskustelussa itse totesivat tämän: "Ei näitä ehdotuksia nyt niin ole pantu muistiin, kuuluu jokapäiväiseen hommaan. Jos on jokin hyvä idea, me tehdään hissun kissun." Tästä on esimerkkinä se, että ryhmäkeskustelun kuluessa käyttäjät mainitsivat määritelleensä kokemukseräisesti kaikkien noin 200 käytössä olevan työkalun käyttöajat. Työkalujen kestoajojen tarkka hallinta antaa mahdollisuuden optimoida koneistuskeskuksen kuormitus, ylläpitää laatua ja eliminoida ennakoita monia häiriömahdollisuuksia. Toisena esimerkkinä oli käyttäjien tekemä muutos työnohjauksessa. Käyttäjät kertoivat kiinnittävänsä palettiin eri vaiheissa olevia kappaleita, ts. paletteja ei koskaan ajeta tyhjäksi. Paletilla on aina valmiina jokunen lähes valmis kappale. Tällä tavoin he pystyivät nopeasti vastaamaan kokoonpanon tai varaosatoimituksen pyyntöihin.

Myös työnjohtajan haastattelussa kävi ilmi käyttäjien kehitystyön merkitys. Työnjohtajan käsityksen mukaan käyttäjien väheneminen alun neljästä kolmeen oli luonnollista seurausta käyttöönottokehitysten vähenemisestä. Käyttöönottokehityksessä

käyttäjät osallistuivat työkalujen ja palettien kehitystyöhön ja rakentamiseen. Myös jäysteenpoistorobotin ja muiden oheislaitteiden käyttöönotto ja ohjelmointi vei paljon käyttäjien työaikaa. Työnjohtajan mukaan hän tekee menetelmien perussuunnittelun, mutta käyttäjät tekevät jatkuvaa menetelmäkehitystyötä. Työnjohtajan käsityksen mukaan käyttäjien pätevyys ohjelmien korjauksessa on myös kehittynyt. Käyttäjät itse totesivat, että he tekevät joskus uusia ohjelmia, jos työnjohtajalla ei ole aikaa. Käyttäjät olivat halukkaita laajentamaan osaamistaan myös ohjelmointiin. Tästä syystä johtuen työnjohtaja ei pitänyt mahdollisena vähentää enää käyttäjien määrää, koska jatkuva tuoteperheen kasvu aiheutti vastaavantapaisia "käyttöönottoehtäviä". Tulossa oli mm. suuria muutoksia tuotteissa.

Kaikesta tapahtuneesta kehitystyöstä huolimatta "kypsäksi" katsottavassa järjestelmässä B ja sen toiminnassa oli edelleen monia *ongelmia*, jotka muodostivat kehitysännitteitä ja vaativat kehittämistoimia. Nämä ongelmat voidaan jakaa (1) tuotannollisista ja teknisistä tekijöistä johtuviksi sekä (2) käyttötoimintaan ja organisaatioon liittyviksi ongelmiksi sekä (3) järjestelmän häiriöihin. Näitä ongelmia ja kehitysännitteitä analysoidaan seuraavassa (Hyötyläinen 1993):

(1) *Tuotannollisista ja teknisistä tekijöistä johtuvat kehittämistarpeet.* Materiaalit olivat osin muuttuneet ja tulleet hankalammiksi valmistuksen kannalta. Aihioina käytettiin aikaisempaan verraten myös uusia materiaaleja. Erään aihiomateriaalin suhteen oli suuria ongelmia, jopa siinä määrin, että edeltäneen seitsemän kuukauden aikana kappaleiden susituksen takia FMS:ssä oli mennyt hukkaan 300 tuntia. Susituksesta oli tullut uhka myös kapasiteetille. Materiaaliongelmat olivat tehneet myös vaikeaksi yövuoron aikaisen miehittämättömän käytön.

Uusien tuotteiden tulo lisäsi koko ajan tuoteperheen kokoa. Tämä johtui siitä, että tehtaalla valmistettavista osista ja toimintalaitteista kaksi kolmasosaa meni varaosiksi jo käytössä oleviin työkoneisiin. Täten vanhoja tuotteita ei voitu jättää pois valmistuksesta, vaikka toimintalaitteen mallit uudistuivat. Tuoteperheen kasvun takia FMS:n laajenemisrajat alkoivat tulla vastaan.

Seuraavana vuonna oli tiedossa tarve nostaa tuotantoa 10 %:lla. Järjestelmän kapasiteetti alkoi käydä riittämättömäksi. Ratkaisuna oli pyrkimys hyödyntää miehittämätön yövuoro sekä käyttää järjestelmää myös viikonloppuisin. Lisäksi pyrkimyksenä oli tehostaa tuotantoa jatkuvalla rationalisointitoiminnalla. Päävastuu tästä oli työnjohtajalla, mutta myös käyttäjät osallistuivat. Koneistuskapasiteetin lisäämiseksi tutkittiin myös robotin käytön ja koko järjestelmän laajentamista.

Tuoteperheen kasvu oli syynä myös ongelmiin valmistuksen ohjauksessa ja työnsuunnittelussa. Periaatteessa koko tuotanto tehtiin suoraan tilausten pohjalta. Monimutkaistuvasta tilanteesta pyrittiin selviämään tekemällä pientä puskurivarastoa.

Järjestelmän ongelmallisimpana laitteena pidettiin vihivaunua, koska se oli häiriöherkkä. Myös jäysteenpoistorobotin hyödyntämisessä oli ongelmia. Havainnoinnin mukaan robottia käytettiin kahden vuoron aikana ainoastaan neljä minuuttia. Syynä oli se, että robotin ohjelmamuistin kapasiteetti oli liian pieni. Käsiteltäviä kappaleita varten olisi pitänyt ladata ohjelma kasetilta, mikä olisi vienyt noin yhden tunnin. Robotin ohjelmamuistin laajennus oli tulossa. Ongelmana oli myös yhä se, ettei paletteja ollut riittävästi. Tämä vaikeutti mm. järjestelmän joustavaa käyttöä ja miehittämätöntä ajoa. Järjestelmässä olisi kylläkin ollut tilaa lisäpaletteille.

(2) *Käyttötoimintaan ja organisaation liittyvät ongelmat.* Järjestelmän ja käyttäjien toiminnan kannalta on tärkeää paitsi taulukossa 6 esitetty työnjako, myös käyttäjien tehtävien ajallinen osuus heidän päivittäisessä toiminnassaan (ks. Toikka ym. 1991, s. 70). Huomiota kiinnitti erityisesti se, että kaksi manuaalista käyttötehtävää, kappaleiden kiinnittäminen ja kappaleiden viimeistely, veivät käyttäjien työajasta puolet. Näin huomattava aika oli pois muilta toiminnoilta. Haastattelussa käyttäjät totesivat, että viimeistelyyn käytettyä aikaa pitäisi voida lyhentää hyödyntämällä paremmin jäysteenpoistorobottia. Myös kappaleiden kiinnittäminen koettiin hankalana ja rasittavana.

Johdon käsityksen mukaan palkkaus oli myös osittain jarru järjestelmän käytettävyyden parantamisessa. Käytössä oli palkkiopalkka siten, että 20 % palkasta riippui tehdyistä kappaleista. Tätä varten tehtaalla tutkittiin mahdollisuuksia kannustavampaan ja motivoivampaan palkkaustapaan.

(3) *Järjestelmän häiriöt.* Järjestelmän B häiriöt rekisteröitiin kahta vuoroa koskeneen havaintojakson aikana. Kaikkiaan järjestelmässä havaittiin seitsemän häiriötä. Miehittämättömässä yövuorossa järjestelmä toimi häiriöttömästi vajaateholla viiden tunnin ajan kunnes keskusohjaukselle annettu työjono oli viety läpi. Samalla arvioitiin häiriöiden syyt. Tapausten sijoittuminen eri häiriöluokkiin on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Järjestelmän B häiriöt syyn mukaan normaalitoiminnan aikana (Toikka ym. 1991, s. 40).

	Normaalitoiminta (1 vrk)
HÄIRIÖTYYPPI	
suunnitteluperustainen häiriö	1
komponenti- ja laitevika	3
käyttäjän virhe	2
ulkoinen tekijä	-
syy epäselvä	1
<hr/>	
Yhteensä	7 kpl

Ryhmäkeskustelussa käyttäjät vahvistivat, että havainnoinnin antama kuva järjestelmän toiminnasta on tyypillinen. Tosin koska häiriöiden määrä havaintojakson aikana oli pieni, voi sattumalla olla kuitenkin vaikutusta häiriöiden syyjakaumaan. Joka tapauksessa häiriöiden esiintyminen vahvistaa sen, että pitkäänkin käytössä olleessa FM-järjestelmässä ei ole päästy häiriöttömään tuotantoon. Erityisesti on huomattava, että havaintojaksolla sattui yksi suunnitteluperustainen häiriö, mikä kertoo jatkuvasta tarpeesta kehittää järjestelmää suunnittelutoimilla. Suunnitteluperustaiseksi häiriöksi määriteltiin se, kun materiaalinlatauspaikan anturi ei antanut ilmoitusta paletista, jolloin vihivaunu ei tullut noutamaan palettia työstöön. Häiriö oli sattunut aiemminkin, ja sen eliminointi edellyttäisi anturin paikan muutosta.

Osoituksena käyttäjien ammattipätevyydestä oli heidän toimintansa häiriötilanteissa. Käyttäjät havaitsivat ja poistivat kaikki seitsemän havaintojakson aikana sattunutta häiriötä. Käyttäjien työajasta kului 5 % häiriönpoistoon (ks. Toikka ym. 1991).

6.2.3 Yhteenveto

Pienenä FM-järjestelmänä järjestelmä B saatiin suhteellisen nopeasti käyttöön. Järjestelmän B käyttöönoton analyysi tuo kuitenkin esille sen, että jo suhteellisen pienen FM-järjestelmän käyttöönotto on pitkä ja monimutkainen prosessi. Järjestelmän potentiaalisten toiminnallis-taloudellisten etujen realisointi edellyttää monenlaisten käyttöönotossa ja käytössä esiin tulevien ongelmien ratkaisemista.

Järjestelmän B analyysi havainnollistaa käyttöönoton kehitysmekanismia. Pienenä FMS:nä järjestelmä B sovitettiin olemassaolevaan versta- ja soluorganisaatioon - tekemättä oleellisia organisatorisia muutoksia. Koska solutyöskentelyä vasta opetettiin

tehtaalla, FMS-organisaatio sisälsi käyttöönottovaiheessa paljon perinteisiä työnjaollisen organisaation piirteitä. Käyttäjien tehtävät laajenivat aluksi vain työkaluhuollon ja laadunvalvonnan suuntaan.

Vähitellen johdon ajattelussa tapahtui kuitenkin muutosta käyttäkeskeisen strategian suuntaan järjestelmän käytöstä saatujen kokemusten perusteella. Vuosien mittaan nämä pyrkimykset voimistuivat. On vahvistunut käsitys, että hyvin toimivan FMS:n edellytyksenä on käyttäjien laaja osaaminen. Tämä näkyi selvästi neljä vuotta käyttöönoton alun jälkeen tehdyssä johdon haastattelussa. Tehtaan johdon näkemyksen mukaan FMS-käyttäjien tehtäviä tulisi laajentaa edelleen, erityisesti ohjelmoinnin, laadunohjauksen ja ennakkohuollon

Yhtä lailla myös FMS-käyttäjät itse ovat hankkineet ammattipätevyyttä ja pyrkineet laajentamaan omaa toimintaansa. Jo alusta asti FMS-käyttäjät suhtautuivat myönteisesti FMS:n käyttöönottoon ja arvostivat uusien tehtävien tarjoamia haasteita. Käyttäjien ja muun organisaation työnjako on kehittynyt ajan mittaan käyttäjien vastuun laajenemisen suuntaan. Tämä on näkynyt ennen muuta häiriönpoistossa, menetelmäkehityksessä ja valmistuksen ohjauksessa. Käyttäjien toiminnan merkityksestä järjestelmän B toiminnan kehittämisessä ovat osoituksena myös heidän tekemänsä kehittämistoimet.

6.3 Yhteenveto: Häiriönhallinta ja kehittämistoiminta järjestelmien käytössä

Järjestelmän toiminnan kehittäminen edellyttää jatkuvaa *toiminnan optimointia ja toimintaa haittaavien ongelmien poistamista*, mikä vaatii käytössä esiin tulevien ongelmien ratkaisemisesta. Samalla näyttää olevan niin, että järjestelmän toiminnan kehityksen myötä koko ajan nousee uusia ratkaisua vaativia ongelmia, minkä tapaustutkimusten tulokset osoittavat. Taulukossa 8 esitetään järjestelmien A ja B normaalitoiminnan ongelmat ja kehittämistarpeet sekä kehitystoimet.

Taulukko 8. Järjestelmien A ja B normaalitoiminnan ongelmat ja kehitystoimet (Hyötyläinen 1993, s. 96).

	JÄRJESTELMÄ A	JÄRJESTELMÄ B
Normaalitoiminnan ongelmat ja kehittämistarpeet	Järjestelmän toimintojen integrointiongelmat ja keskusohjauksen toimintahäiriöt; käytön havainnoinnin aikana (3 vuoroa) - 36 erilaista häiriötä - yhteensä 69 häiriötä	Tuotannollisista ja teknisistä tekijöistä johtuvat kehittämistarpeet, käyttäjien manuaalisen työn suuri osuus, järjestelmän häiriöt (havaintojaksolla 7 häiriötä)
Käyttäjien toiminta ja kehitystoimet	Häiriönpoistotoiminta; 16 kehitystointa käyttäjien ilmoituksen mukaan (1 1/2 vuoden aikana), lisäksi vetäjän ilmoittamat 6 kehitystointa; ehdotus uuden työstösolun liittämiseksi järjestelmään	Häiriönpoistotoiminta; käyttäjien kehitystoimet (käyttäjien ilmoituksen mukaan 8 tointa); lisäksi työkalujen käytön määrittely ja muutos työohjauksessa, ehdotus järjestelmän organisatoriseksi muutokseksi

Järjestelmässä A oli normaalikäytön alkuvaiheessa monia toimintojen integrointiin liittyviä ongelmia. Keskusohjauksessa oli toiminnallisia ongelmia ja häiriöitä, jotka pystyttiin poistamaan vasta vajaan vuoden kuluttua normaalitoiminnan alkamisesta. Järjestelmässä A oli normaalitoimintaan kohdistuneella intensiivihavaintojaksolla edelleen yllättävän paljon häiriötä. Yllättävintä oli, että kaikista havaintojakson erilaisista häiriöistä reilusti yli kolmannes oli suunnitteluperustaisia häiriöitä. Näin suuri suunnitteluperustaisten häiriöiden osuus viittaa siihen, että järjestelmän käytön muuttuessa ilmenee jatkuvasti uusia häiriöitä, joiden syyt edellyttävät suunnittelutoimia.

Järjestelmässä B oli tehty normaalin käyttövaiheen kuluessa monia teknisiä ja organisatorisia muutoksia, mikä selittää järjestelmän suhteellisen hyvää käytettävyyttä ja käyttöastetta. Järjestelmään oli hankittu uusia laitteita, mm. mikrotietokone ohjelmistojen hallintaan sekä työkalujärjestelmän laajennus. Organisaatiota oli kehitetty käyttäjakeskeisen organisaation periaatteiden mukaisesti siten, että verstaan ja käyttäjien osuus toiminnoista ja niiden suunnittelusta oli kasvanut. Kuitenkin useita vuosia toimineessa ja sinänsä suhteellisen hyvin toimivassa järjestelmässä B oli yhä monia ratkaisua edellyttäviä ongelmia ja myös häiriöitä, jotka voidaan katsoa suunnitteluperustaisiksi. Syynä ongelmiin olivat mm. materiaali muutokset, tuotemuutokset ja kapasiteetin nostotarve. Laitteissa ja niiden käytössä oli edelleen ongelmia. Myös käyttäjien työssä aiheutti ongelmia käsityön rasittavuus ja suuri osuus työajasta. Näissä paljolti suunnitteluperustaisiksi katsottavissa ongelmissa on kyse suunnittelun

rajoituksista. Järjestelmän käytön laajentuminen ja käyttöolosuhteiden muuttuminen paljastavat järjestelmässä uusia yhteyksiä ja kytkentöjä, joita suunnittelussa ei ole kyetty ennakoimaan.

Käyttäjät poistivat kaikki järjestelmien normaalitoiminnan aikaisella havaintojaksolla sattuneet *häiriöt*. Järjestelmän A toiminta oli mahdollista vain käyttäjien jatkuvien ponnistelujen avulla. Osin häiriöiden poistosta tuli käyttäjille työhön kuuluvaa rutiinia, mikä on ymmärrettävää runsaiden häiriöiden vuoksi. Myös järjestelmässä B suurin osa havaintojakson seitsemästä häiriöstä oli luonteeltaan sellaisia, että käyttäjät poistivat ne rutiinimaisella tavalla.

Usein on väitetty, että käyttäjien kehittämistoiminta loppuu käyttöönottovaiheen jälkeen, koska toiminta rutinoituu. Tapaustutkimusten tulokset eivät tue tätä väitettä. Tapaustutkimukset osoittavat, että käyttäjät ovat kiinnostuneet poistamaan häiriölähteitä tekemällä ja ehdottamalla *parannus- ja kehitystoimenpiteitä*. Näyttää myös siltä, että käyttäjät ovat tehneet koko ajan kehittämis- ja suunnittelutoimenpiteitä poistakseen häiriöitä ja optimoidakseen valmistustoimintoja. Osoituksena tästä on järjestelmän A käyttäjien mainitsemat 16 kehitystointa, jotka he olivat tehneet ilmoituksensa mukaan järjestelmän 1 1/2-vuotisen normaalikäytön aikana. Näistä kehitystoimista kolmannes kohdistui suunnitteluperustaisten häiriöiden syiden poistamiseen ja kaksi kolmannesta järjestelmän toiminnan optimointiin. Käyttäjät tekivät myös järjestelmän rajat ylittävän ehdotuksen uuden työstösolun liittämiseksi järjestelmään.

Käyttäjien toiminnan merkityksestä järjestelmän B toiminnan kehittämisessä on osoituksena mm. heidän mainitsemansa kahdeksan kehittämisehdotusta. Lisäksi he olivat tehneet työkalujen käyttöaikojen määrittelyä ja muutoksen työnhajauksessa. Käyttäjät olivat tehneet myös ehdotuksen järjestelmän organisatoristen rajojen muuttamiseksi siten, että työkierron puitteissa järjestelmään kuulusivat myös materiaalijärjestelmän piirissä olevat kolme yksittäistä työstökoneetta. Käyttäjien panosta pidettiin myös tärkeänä järjestelmän sopeuttamisessa kasvavaan ja muuttuvaan tuoteperheeseen.

Järjestelmää A koskevan tapaustutkimuksen tulokset osoittavat ryhmäorganisaatioon perustuvan FMS-organisaation ja muun tehtaan perinteisemmän organisaation väliset *jännitteet*. Järjestelmän A käyttäjät pyrkivät kehitystoimin poistamaan häiriöiden syitä, mikä oli edellytys myös heidän oman työnsä helpottamiseksi. Tässä kehittämis-toiminnassa käyttäjät kohtasivat kuitenkin muun organisaation tuen sijasta haluttomuutta kehitystoimien toteuttamiseksi. Tapaustutkimuksen tulokset osoittavat, että käyttäjien työnhallinnan ja kehittämistoiminnan edistämisen kannalta on ratkaisevan tärkeää johdon ja organisaation virallinen tuki toiminnalle (Hyötyläinen 1993). FMS-organisaatio ei voi jäädä vain "saarekkeeksi" tehtaassa. Järjestelmän A käyttäjien

voimakas kehittämismotivaatio ja kehitystoiminta osoittavat, että kerran alettuaan ne pyrkivät laajentumaan organisaatioympäristöönsä. Koska käyttäjien kehittämistoiminta törmäsi muun organisaation perinteisempään toimintatapaan, seurauksena oli käyttäjien kehittämismotivaation lasku. Tämä viittaa siihen, että FMS-organisaation kehittyminen työryhmäorganisaatioksi tuskin onnistuu ilman laajempaa uutta käyttäjäkeskeistä tai paremminkin kevyen tuotannon mallin tapaista organisaatiostrategiaa.

7. Solumallit ja kehitystoiminta

7.1 Tuotanto- ja solumallit

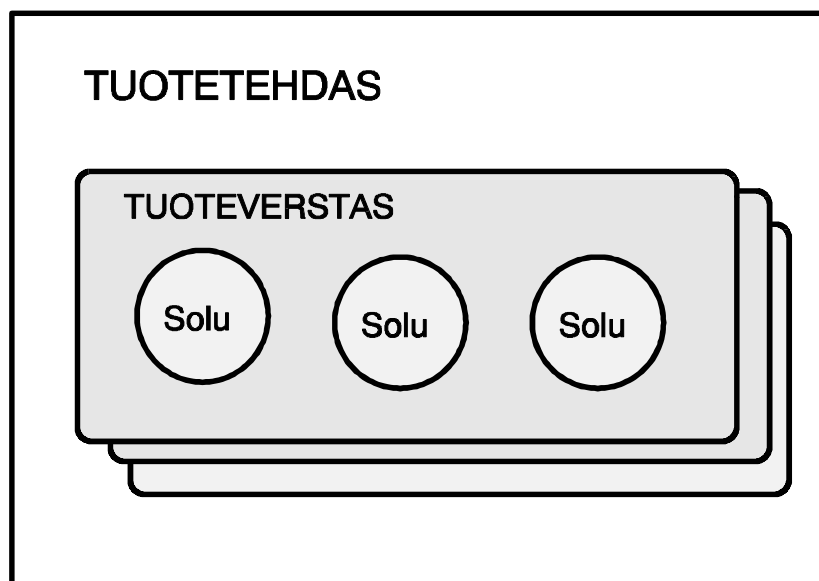
Keveyen tuotannon mallin mukaisten toimintamallien omaksuminen merkitsee radikaalia muutosta tehtaan organisaatiossa ja toimintatavoissa (Womack ym. 1990; Womack & Jones 1996; Kevyt ja joustava toimintatapa 1992; Kajaste & Liukko 1994; Alasoini ym. 1994 ja 1995). Tämä merkitsee myös muutoksia aikaisempiin käsityksiin solumallista. *Soluorganisaation* kehittämisessä ovat olleet vaikuttamassa eri tuotantomallit ja niiden sisältämät käsitykset toimintatavan kehityspiirteistä. Taulukossa 9 on esitetty tuotantomallit ja solutoiminnan ulottuvuudet.

Taulukko 9. Tuotantomallit ja toimintatavan ulottuvuudet.

TUOTANTOMALLI	TOIMINTATAVAN ULOTTUVUUS
KÄSITYÖMÄIS-RATIONALISOITU TOIMINTAMALLI	TYÖN LAAJENTAMINEN
SOSIOTEKNINEN TUOTANTOMALLI	TYÖN RIKASTAMINEN
KEVYEN TUOTANNON MALLI	RYHMÄTOIMINTA
	VERKOSTOTOIMINTA
	JATKUVA KEHITYSTOIMINTA

Seuraavassa tarkastellaan toimintamalleja sekä niihin liittyviä solukonsepteja ja kehitysulottuvuuksia:

(1) *Käsityömais-rationalisoitu toimintamalli*. Lähtökohdiltaan “tuotanto-teknologinen” solumalli on osoittautunut monessa tapauksessa tuotannon kehittämisen perustaksi. Perinteinen ohjaussolumalli on sopinut erittäin hyvin ryhmäteknologiaan perustuvaan tuotannon virtaviivaistamiseen (ks. Burbidge 1979). Tältä perustalta näyttää edettäneen pääasiallisesti Suomen metalliteollisuudessa 1980-luvun loppupuolelle asti (Ollus ym. 1990; Kajaste & Liukko 1994; Alasoini ym. 1995). Perinteinen ohjaussolumalli on liittynyt tavallisesti käsityömais-rationalisoituun toimintatapaan, joka on perustunut tuotetehdas- ja tuoteverstaasorganisaatioon (ks. kuva 1).



Kuva 1. Tuotetehdas- ja soluorganisaatio.

Tuotetehdasorganisaatiossa on purettu perinteinen tehtaan funktionaalinen ja hierarkkinen ohjaus- ja toimintamalli (Rummler & Brache 1990; Alasoini ym. 1994; Simons & Hyötyläinen 1995). Lähtökohtana on ollut jakaa tehdas itseohjautuviin yksiköihin. Useat suomalaiset teollisuusyritykset muuttivat tuotantoaan JOT-tuotannon mallin mukaisesti tuotekohtaisiksi tuoteverstaiksi jo 1980-luvulla ja erityisesti sen loppupuolelta alkaen (Tuoteverstaisten käyttöönotto 1986; JOT Käytännössä 1987; Ollus ym. 1990; Hyötyläinen ym. 1991; Alasoini ym. 1994). Tähän liittyen myös tuoteverstaisten *solutusta* vietiin eteenpäin (Solut Suomen metalliteollisuudessa 1981; Alasoini ym. 1995). Ylemmällä tasolla on samanaikaisesti jaettu suuremmat tehdasyksiköt itsenäisiksi tuotetehtäiksi, joihin on hajautettu perinteisesti keskitetyksi hoidettuja toimintoja, kuten tuotesuunnittelu, osto ja materiaalityönnöt. Tuotetehtaiden ja -verstaisten muodostaminen on tarjonnut suuren potentiaalín edistää ja tehostaa tuotannollisia tavoitteita.

Tuoteverstaissa useita työvaiheita on yhdistetty yhdeksi kuormituspisteeksi, jonka työntekijät muodostavat solun (Solut Suomen metalliteollisuudessa 1981; Alasoini ym. 1995). Kutakin solua voidaan ohjata yhdellä työmääräimellä toisin kuin funktionaalissa valmistusjärjestelmässä, jossa kukin kone tai työvaihe tarvitsee oman työmääräimensä. Solu vastaa joko itsenäisesti tai työnjohtajan kanssa yhdessä töiden ajoituksesta solun sisällä. Sen sijaan *ohjaussolulla ei ole tavallisesti suoraa yhteyttä suunnittelu-toimintoihin*. Perinteiseen ohjaussolumalliin sisältyi kuitenkin ajatus työntekijöiden tehtäväkuvan muutoksesta ja työn laajentamista siten, että solussa työntekijät hallitsevat useita työvaiheita, parhaimmillaan kaikki osaavat kaikki työvaiheet. Työntekijät kiertävät tarpeen mukaan tehtävästä toiseen. Työn laajentamisen ja työkierron motivoimiseksi työntekijöillä tulee olla koko solun suoritukseen sidottu palkkaus. Valmistus-

tehtävien ja töiden ajoituksen suunnittelun ohella solun työntekijät voivat vastata myös tietyistä tukitehtävistä kuten laadunvalvonnasta, koneiden asetuksista ja materiaalivirran etenemisestä solun sisällä.

(2) *Sosiotekninen tuotantomalli.* Sosiotekninen malli on tuonut uusia ulottuvuuksia solutuotantoon (Eijnatten 1993; Vartiainen 1994). Sosiotekninen malli korostaa *itseohjautuvia soluja*, joiden perustana on työn laajentaminen ja työkierto. *Työn rikastaminen* on keskeisellä sijalla sosioteknisessä solussa. Tämä merkitsee, että solun tehtäviin sisällytetään erilaisia suunnittelu- ja ohjaustehtäviä. Tällaisia tehtäviä ovat *laadusta vastaaminen, solun hienokuormituksen hoitaminen, materiaaltehtävät, häiriönpoisto, kunnossapito ja hallinnolliset tehtävät.* Sosioteknisessä traditiossa on voimakkaasti esillä myös *ryhmätoiminta*, millä ymmärretään solun sisällä vallitsevaa ryhmäistä työtapaa.

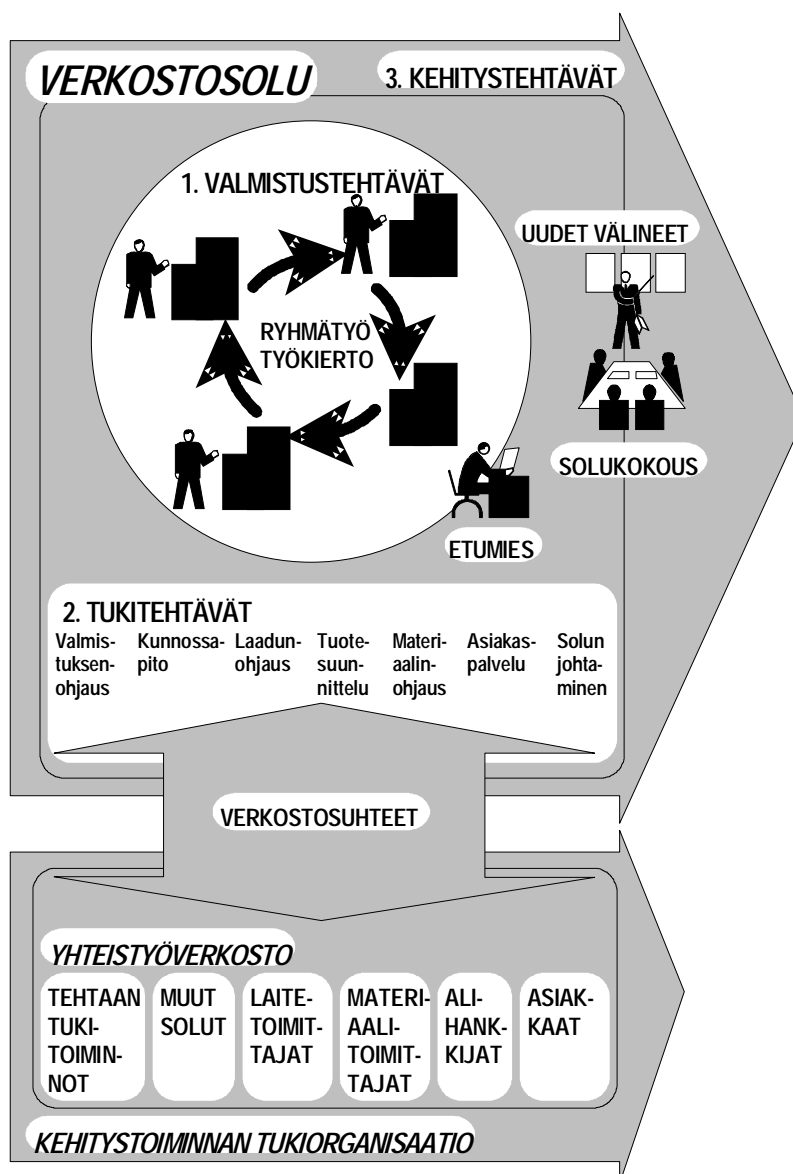
(3) *Keveyen tuotannon malli.* Kevyttuotanto nostaa esille kaksi uutta solutoiminnan ulottuvuutta. Ensimmäisenä on *verkostotoiminta.* Tämän mukaan solu on kiinteä osa tehtaan yhteistoiminnallista ja verkostomaista toimintatapaa. Perinteinen työnjako valmistustehtävien sekä niitä edeltävien ja tukevien toimintojen, tuotesuunnittelun, valmistusohjauksen, laadunvalvonnan, kunnossapidon, materiaalityöntehtävien välillä väistyy näiden välisen lisääntyvän yhteistoiminnan ja joustavan työnjaon tieltä, jossa solulla ja ammattitaitoisilla työntekijöillä on yhä keskeisempi asema. Toimintaa leimaa entistä vahvemmin organisaation eri tahojen verkostomaiset yhteistyösuhteet (Alasoini ym. 1994 ja 1995). Yhteistoiminnallinen toimintatapa edellyttää sitä tukevia *menetelmiä ja välineitä.*

Keveyen tuotannon mallin toisena keskeisenä ulottuvuutena on jatkuva *kehitystoiminta.* Solun keskeinen ulottuvuus on sellaisen organisatorisen toimintatavan ja ammattitaitoperustan kehittäminen ja ylläpitäminen, joka pystyy tuotteiden, työmenetelmien ja työympäristön jatkuvaan kehitysohjelmaan. Tämä edellyttää solun työntekijöiden tehtävien laajentamista kehitysolottuvuudella sekä kehitystoimintaan osallistuvien työryhmäverkostojen rakentamista yrityksen sisälle (Alasoini ym. 1995; Toikka ym. 1995). Edellytyksenä on myös toiminnan *jatkuvan kehittämisen takaavien menetelmien ja välineiden luominen* solujen ja yrityksen eri toimintojen tarpeisiin.

Yhteenvetona voidaan todeta, että keveyen tuotannon mallin mukaisen solun kehitysolottuvuuksina korostuvat verkostotoiminta ja jatkuva kehitystoiminta. Keveyen tuotannon malli korostaa lisäksi ryhmätoimintaa, mikä on myös sosioteknisen solumallin ulottuvuus. Erityisesti sosioteknisesti määritellystä itseohjautuvasta solusta keveyen tuotannon mallin mukaisen solun erottaa verkostotoiminta ja kehitystoiminta, joihin sosiotekninen lähestymistapa ei kiinnitä erityisemmin huomiota (vrt. Vartiainen 1994).

7.2 Verkostosoluorganisaatio

Erotukseksi perinteisestä ohjaussolumallista ja sosioteknisestä solumallista voidaan puhua uudeltaisesta solukonseptista, joka muuttaa ratkaisevasti perinteistä, käsityömäis-rationalisoitua organisointitapaa. Uudeltaista solumallia me kutsumme *verkostosoluksi* (Alasoini ym. 1995; Hyötyläinen & Simons 1996; Tarvainen & Hyötyläinen 1997; Hyötyläinen & Simons 1996 ja 1998) Nimitys tulee siitä, että solua ei mielletä pelkään ohjaukselliseksi kokonaisuudeksi vaan organisaatioyksiköksi, joka ohjaustehtäväänsä ohella on osa koko verstaan ja tehtaan kattavaa yhteistoimintaverkostoa. Solun kanalta läheisimpiä yhteistyösapuolia ovat *työnjohtajat, valmistuspäällikkö, tuotannon-ohjaushenkilöt, kunnossapitohenkilöstö, tuotesuunnittelija, materiaalihankkijat sekä muut solut*. Verkostosolun malli on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Verkostosolun malli.

Verkostosolulla on kolme ulottuvuutta:

(1) *Valmistustehtävät.* Solussa työntekijät vaihtavat tarpeen mukaan tehtävästä toiseen työkierron puitteissa. Solun työntekijät ovat monitaitoisia eli pystyvät työskentelemään useilla solun koneilla ja työpisteillä. Työtä luonnehtii ryhmätyö.

(2) *Tukitehtävät.* Solu vastaa osin yksin mutta pääosin yhteistyössä tukitoimintojen kanssa alueellaan tukitehtävistä. Keskeisenä tukitehtävänä on *valmistuksenohjaus*. Solu vastaa itse tuotannon hienokuormituksesta eli suunnittelee karkeakuormituksen asettamisrajoissa töiden ajoitukset, jotka käsitellään viikoittain tuotantopalaverissa, missä ovat mukana solun etumiehen lisäksi työnjohtajat ja valmistuspäällikkö. Solu huolehtii useista *kunnossapidon* tehtävistä. Ensivaiheessa solun vastuulle tulevat erityisesti ennakkohuollot, pienet korjaukset sekä yleinen koneiden ja työympäristön siisteydestä ja järjestyksestä huolehtiminen. Solu vastaa *laadunohjauksen* osalta laaduntekemisestä ja laaduntarkastuksesta alueellaan. *Tuotesuunnittelun* osalta solu osallistuu tuotteen valmistettavuuden ja konstruktion kehittämiseen yhdessä tuotesuunnittelijan kanssa. *Materiaalinohjauksen* osalta solu huolehtii materiaaliarpeen seurannasta ja materiaalien riittävydestä.

(3) *Kehitystoiminta.* Solu seuraa systemaattisesti työvälineisiinsä, työympäristöönsä, tuotteidensa valmistettavuuteen ja ylipäätään toimintaansa liittyviä ongelmia. Systemaattinen ongelmanseuranta on perusta solun toiminnan jatkuvalla kehittämiselle ja sen edellyttämille toimenpiteille.

Solun johtamista varten solulla on sovitut menettelytavat toimintaansa liittyvien käytännön kysymysten (esim. työjärjestelyasiat) ja kehitystoimenpiteiden käsittelemiseksi ja niistä sopimiseksi joko yksin solun sisällä tai kulloinkin tarvittavien solun tukihenkilöiden kanssa. Keskeinen menettelytapa tähän on määrääjain pidettävä solukokous. Solulla on määrävälein vaihtuva etumies, jonka vastuulla on mm. solun hienokuormituksen suunnittelu ja toteutumisen valvonta sekä solukokousten valmistelu yhdessä työnjohtajan kanssa ja työjärjestelyistä huolehtiminen.

Verkostosolu ei toimi irrallaan tehtaan muusta toiminnasta. Verkostosolumalli ei korosta solun "itsejautuvuutta" siinä mielessä kuin sosiotekninen lähestymistapa on korostanut. Verkostosolun toiminnan kannalta ovat *verkostosuhteet ja yhteistyöverkosto* oleellisia. Verkostosuhteiden merkitys ilmenee erityisesti solun tukitehtävien suorituksessa. Solun tukitoimintojen hoitaminen edellyttää jatkuvaa yhteistyötä tukitoimintojen kanssa. Yhteistyön tarve korostuu entisestään toiminnan nopearytmisyyden ja asiakasohjautuvuuden lisääntyessä. Myös kehitystoiminnassa solu tarvitsee verkostosuhteita tukitoimintoihin. Ensinnäkin kehitystoimien toteuttamisessa tarvitaan useimmiten tukitoimintojen toimenpiteitä. Toiseksi monet valmistuksessa esiintyvät ongelmat ovat luonteeltaan sellaisia, että niiden syyt ovat organisaatiossa muualla. Esimerkiksi jokin valmistuksessa esiintyvä ongelma voi edellyttää muutoksia tuotteen konstruktiossa ja

tuotepiirustuksissa tai muutoksia materiaaleissa. Materiaaliongelmät voivat palautua muutostarpeisiin jopa osatoimittajan valmistusprosessissa (ks. Toikka ym. 1995).

Verkostosolun uudelleen toiminnan kannalta *uudet välineet* ovat tärkeitä. Näitä välineitä tarvitaan yhtäältä solun toiminnassa ja tukitehtävien suorituksessa ja toisaalta kehitystoiminnassa. Solun toimintaan ja tukitehtävien suoritukseen liittyviä välineitä ovat mm. monitaitoisuustaulukko, karkeakuormituslista, hienokuormituslista, solukokousten vakiotyöjärjestyslista, laadunseurantataulukko, toimintamallit ja solutaulu. Kehitystoimintaan liittyviä välineitä ovat mm. seurantakirja, kehitystoimenpidelomake sekä systemaattiset ongelmanratkaisun mallit ja menetelmät (ks. Toikka ym. 1991 ja 1995; Larikka & Pohjosmäki 1995).

7.3 Suomalaiset solumallit

Olemme koonneet kuvaukset 26 suomalaisesta yrityksestä ja niiden solutusmalleista 1990-luvulla (ks. Alasoini ym. 1995; Hyötyläinen & Simons 1996 ja 1998). Osa kuvauksista perustuu julkaistuihin tutkimusraportteihin ja osa erilaisiin kirjoissa oleviin kuvauksiin, ammattilehdissä oleviin selostuksiin, seminaariesitelmiin sekä yrityskohtaisiin aineistoihin. Yhteenveto kuvauksista on esitetty taulukossa 10. Kuvaukset kattavat yhteensä lähes 200 solua.

Soluesimerkit on luokiteltu toimintatavan viiden ulottuvuuden kautta. Nämä ulottuvuudet ovat:

(1) *Työn laajentaminen*. Tämä merkitsee, että työntekijät osaavat solussa useita valmistustehtäviä. Mahdollisesti työntekijät kiertävät tehtävästä toiseen työkierron puitteissa. Valmistuksen ohjauksen kannalta solu on yksi ohjauspiste. Tälle tasolle on usein jäänyt perinteinen virtautettuun layoutiin perustuva, ns. ohjaussolu.

(2) *Tukitehtävät*. Erilaisia tukitehtäviä voidaan liittää solun tehtäviin. Näitä ovat mm. laaduntarkastus, valmistuksen hienokuormitus, materiaalinkäsittely, kunnossapitotehtävät ja työjärjestelyt. Nämä tehtävät ovat luonteeltaan suunnittelu- ja ohjaustehtäviä. Sosioteknisessä traditiossa puhutaan työn rikastamisesta (Vartiainen 1994).

(3) *Ryhmätyö*. Työkierto ja työn rikastaminen eivät sellaisenaan edellytä ryhmätyötä. Ryhmätyö merkitsee, että solu toimii kiinteänä ryhmänä, jolla on yhteisesti asetetut tavoitteet. Sosiotekninen traditio korostaa ryhmätyötä keinona edistää työntekijöiden motivaatiota ja hyvinvointia (Vartiainen 1994).

(4) *Verkostotoiminta*. Verkostosolu on osa tuotetehtaan ja -verstaan yhteistoimintaverkostoa. Tämä edellyttää yhteisiä välineitä, joita voivat olla tietokonejärjestelmät, ohjausvälineet ja erilaiset seurantavälineet. Yhteistyö edellyttää myös menettelyjä ja kokouskäyntäntöjä, joiden avulla käsitellään vuorovaikutuksessa toimintaa, sen ohjausta ja kehittämistä.

Taulukko 10. Yhteenveto suomalaisista solutusesimerkeistä 1990-luvulla (Alasoini ym. 1995; Hyötyläinen & Simons 1996).

TAPAUS	TOIMINTATAVAN ULOTTUVUUS				
	1	2	3	4	5
1 Valimo	0	0			
2 Konevalmistaja	0	•			
3 Työkaluvalmistaja	•	•			
4 Hanatehdas	•	•			
5 Elektroniikkatehdas	•	•			
6 Vasaratehdas	•	•			
7 Konepaja	•	•			
8 Sähkökonevalmistaja	•	•			
9 Kaapelikonevalmistaja	•	•	0		
10 Venttiilivalmistaja	•	•	•		0
11 Elektroniikkatehdas	•	•	•		0
12 Moottorinvalmistaja	•	•	•	•	•
13 Koritehdas	•	•	0	•	
14 Kojevalmistaja	•	•		0	
15 Hydraulikkakoneiden valmistaja	•	•		•	
16 Työkonevalmistaja	•	•	•	•	•
17 Autonvalmistaja	•	•	•	•	•
18 Koneistotehdas	•	•	0	•	•
19 Levytyötehdas	•	•	0	•	•
20 Autoteollisuuden alihankkija	•	•		•	•
21 Lukkotehdas	0	•	•		0
22 Kuntovälinevalmistaja	•	•		•	0
23 Elektroniikkavalmistaja	•	•		•	•
24 Pumpputehdas	•	•		•	•
25 Muuntajavalmistaja	•	•		0	•
26 Voimansiirtotehdas				•	•

Taulukon selitykset:

Toimintatavan ulottuvuudet: 1 = Työn laajentaminen, 2 = Tukitehtävät, 3 = Ryhmätyö, 4 = Verkostotoiminta, 5 = Kehittämistoiminta

• = sisältyy solun tehtäviin

° = on suunnitelmissa tai tavoitteena sisällyttää solun tehtäviin

(5) *Kehittämistoiminta*. Verkostosolun keskeinen toiminnan ulottuvuus on jatkuva kehittämistoiminta. Tämä merkitsee solun työntekijöiden työn laajentamista kolmannella ulottuvuudella. Perinteinen työn laajentaminen useilla valmistustehtävillä merkitsee tehtävien laajenemista vaakatasossa. Työn rikastaminen tuo työhön pystysuoran ulottuvuuden eli suunnittelu-ulottuvuuden. Kehittämistoiminta tuo työhön kehittämisulottuvuuden, jolloin tuotantotoiminta muodostuu kehittämisen kohteeksi. Kehittämistoiminnassa verkostosuhteet ja välineet ovat välttämättömiä. Solu tarvitsee tukea kehitystoiminnassaan. Toisaalta monet valmistuksessa esiintyvien ongelmien syyt palautuvat tukitoimintoihin. Ollakseen systemaattista kehitystoiminnassa tarvitaan yhteisiä välineitä, kuten seurantakirja, toimintamallit, ongelmanratkaisumenetelmät, toteutuslomakkeet ja palaverikäytännöt.

Verkostotoiminta ja kehittämistoiminta ovat toiminnan ulottuvuuksia, jotka selvästi erottavat verkostosolun perinteisistä solumalleista, niin ohjaussolusta kuin sosioteknisestä solusta, sillä sosiotekninen traditio ei juuri kiinnitä huomiota verkostosuhteisiin ja jatkuvaan kehitystoimintaan.

Taulukon 10 soluesimerkit voidaan luokitella kahteen ryhmään (Alasoini ym. 1995; Hyötyläinen & Simons 1996):

- (1) *Perinteinen solu* (ohjaussolu tai sosiotekninen solu). Taulukon mukaan 10 tapausta (tapaukset 1–9 ja 14) kuuluvat tähän ryhmään. Tosin näistä yhdessä tapauksessa (tapaus 9) on suunnitteilla tai tavoitteena ryhmätyö ja vastaavasti yhdessä tapauksessa verkostotoiminta (tapaus 14). Kun tapauksia analysoidaan tarkemmin, niin kaikkiaan 15 tapauksessa on ollut lähtökohtana perinteinen solu. Osassa tapauksissa on myöhemmin tullut mukaan verkostosolun elementtejä. Seuraavassa tarkastellaan lähemmin näitä 15 tapausta.
 - Perinteinen ohjaussolumalli on ollut alkuperäisenä perustana 8 tapauksessa (tapaukset 1–4, 18, 22 ja 25). Toisin sanoen lähes kolmannes kaikista tapauksista on alunperin rajoittunut vain työn laajentamiseen. Osassa tapauksia käytännöt ovat myöhemmin muuttuneet. Erityisesti laatuvastuu on siirretty soluihin, mikä on selvä osoitus suomalaisten yritysten suuresta panoksesta ISO 9000 mukaisten laatujärjestelmien omaksumiseen 1990-luvulla.
 - Kaikkiaan 7 tapauksessa (tapaukset 5–11) on selvästi nähtävissä sosioteknisen solun elementtejä. Näissä tapauksissa on korostettu solun autonomiaa ja työn rikastamista. Solulle on siirretty suunnittelutehtäviä, kuten materiaalinkäsittely, valmistuksen hieno-kuormitus, häiriönhallinta ja kunnossapito. Monessa tapauksessa todetaan, ettei työnjohtoa ole lainkaan.
- (2) *Verkostosolu*. Verkostosolun elementtejä on 16 tapauksessa (tapaukset 10–13 ja 15–26). Tosin nämä elementit rajoittuvat 3 tapauksessa vain suunnitelmissa tai tavoitteen-

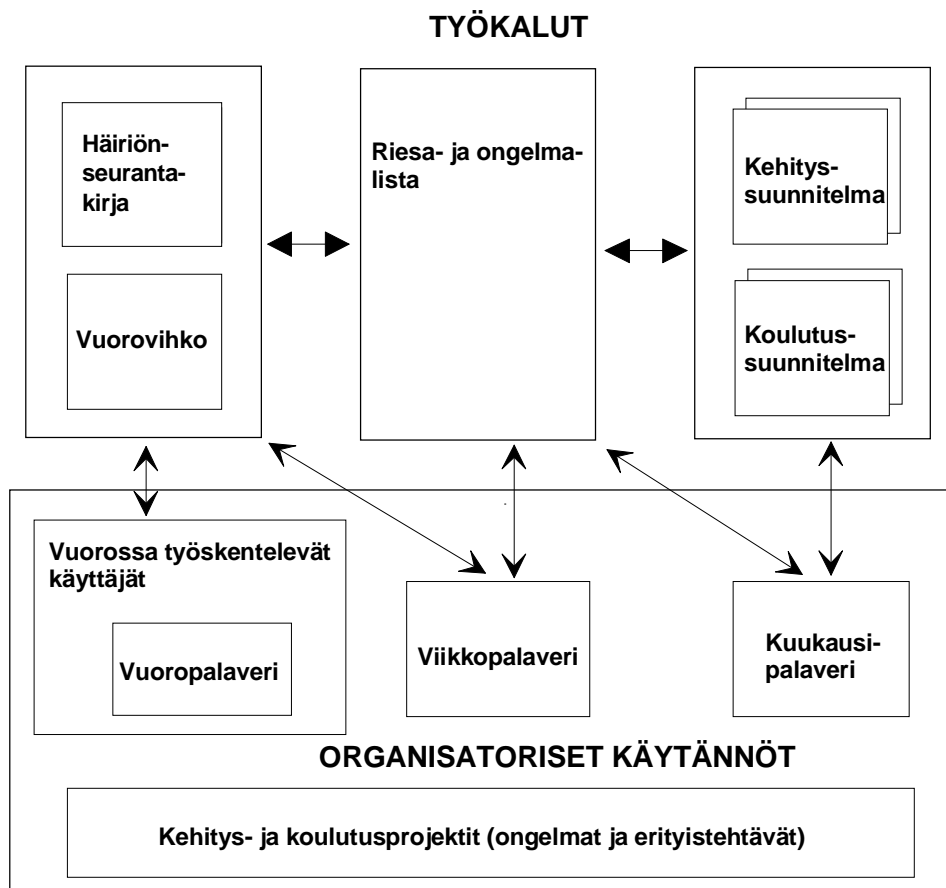
na olevaksi ryhmätyöksi tai kehittämistoiminnaksi. Verkostotoiminnan ja kehittämistoiminnan mainintoja on seuraavasti:

- Kaikkiaan on 14 mainintaa verkostotoiminnasta. Näistä kaksi edustaa vielä suunnitelmaa tai tavoitetta. Nämä 14 mainintaa voidaan jakaa kolmeen ryhmään: Ensinnäkin solu voi olla suoraan tekemissä tukitoimintojen kanssa suorittaessaan valmistustehtäviään ja sille osoitettuja tukitehtäviä. Toiseksi on voitu muodostaa tuoteryhmittäisiä tiimejä, joissa solu toimii kiinteässä yhteydessä tukihenkilöiden kanssa. Kolmanneksi yhteistyö tukitoimintojen kanssa on voinut kasvaa kehitystoimintaan osallistumisen seurauksena.
- Kehitystoiminnan kohdalla on myös 14 mainintaa. Näistä 4 on vielä suunnitelmissa tai tavoitteena. Tapaukset voidaan jakaa kolmeen ryhmään: Ensinnäkin on voitu asettaa tuoteverstaas- tai osastokohtaisia kehitysryhmiä, joissa on myös mukana joitakin työntekijöitä. Toiseksi on asetettu tavoitteeksi sisällyttää jatkuva kehitystoiminta solun tehtäviin kuitenkin ilman mitään konkreettisia menetelmiä ja välineitä. Kolmanneksi kehittämistoiminta on kytketty osaksi laatujärjestelmää ja laadun kehittämistä. On myös asetettu tavoitteeksi saada solut ja työntekijät mukaan tähän kehitystyöhön. Näissä tapauksissa on myös mainintoja menetelmistä ja välineistä, joita ovat mm. laatuopetus, ongelmanratkaisukoulutus, kehitysryhmät, laatumittarit, seurantakirjat, toteutuslomakkeet ja palaverikäytännöt.

Johtopäätöksenä taulukon 10 aineiston perusteella voidaan korostaa kolmea seikkaa. Ensinnäkin Suomen konepajateollisuudessa on omaksuttu monenlaisia solumalleja 1990-luvulla. On huomattavia eroja eri tapausten välillä siinä, mitä toimintatavan ulottuvuuksia soluissa on mukana. Monissa tapauksissa rajoitutaan vain työn laajentamiseen ja työn rikastamiseen joihinkin elementteihin. Toiseksi kuitenkin huomattavassa osassa tapauksia on mainintoja verkostotoiminnasta ja kehitystoiminnasta, mitkä edustavat uutta vaihetta solujen käyttöönottossa. Käytäntö näyttää kuitenkin vielä olevan tapauskohtaista ja satunnaista. Uudet ulottuvuudet ovat tulleet solun tehtäviin ilman systemaattisia menetelmiä ja välineitä. Kolmanneksi niissä 8 tapauksessa (tapaukset 10, 13, 14, 18–15), joissa on maininnat ajallisesti eri vaiheista solutuksessa, on tapahtunut selvä siirtyminen perinteisestä ohjaussolumallista kohti verkostosolun ulottuvuuksia. Esimerkiksi tapauksessa 22 ensimmäinen solu omaksuttiin perinteisenä ohjaussoluna. Seuraavat solut noudattivat sosioteknisen solun periaatteita. Sen jälkeen perustetut solut sisältävät verkostotoiminnan elementtejä ja suunnitteilla on käynnistää kehittämistoiminta. Tämän tapainen kehitys voidaan tulkita osaksi yrityskohtaista oppimisprosessia. On ilmeistä, että perinteisen solumallin rajoitteista on tullut este toiminnan edelleen kehittämiseksi, jolloin on jouduttu hakemaan uusia malleja. Myös meneillään oleva keskustelu kevytaluotannosta on ollut vaikuttamassa yritysten omaksumiin solumalleihin. Joissakin tapauksissa myös tutkijat tai konsultit ovat olleet tuomassa uusia ajatuksia yritysten käyttöön.

8. Häiriönhallinnan ja kehitystoiminnan menetelmät ja organisaatiokäytännöt

Tapaustutkimuksessa C tutkijat ehdottivat mallin kehitystoiminnan menetelmiksi ja organisaatiokäytännöiksi kohdeorganisaatiolle. Tapaustutkimus koski suhteellisen suuren FM-järjestelmän käyttöönottoa ja käytön seuranta ja kehittämistä konepajayrityksessä. Tutkimus ajoittui vuosiin 1989–1992. Järjestelmä C:n käyttöönotto alkoi kesäkuussa 1991 (Toikka & Kuivanen 1993; Hyötyläinen 1998). Malli on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Häiriönhallinnan ja kehitystoiminnan menetelmät ja organisatoriset käytännöt.

Yritykselle esitettiin kuvan 3 malli helmikuussa 1992 toiminnan perusteellisen analyysin pohjalta (Hyötyläinen 1998). Sinänsä esitetyt menetelmät ja käytännöt eivät ole vallankumouksellisia. Osoittautui kuitenkin, että organisaatiolla oli vaikeuksia omaksua näitä uusia käytäntöjä. Kysymys ei ole ainoastaan papereiden täyttämisestä ja palavereiden pidosta. Kyse on toiminta- ja työtavasta, joka yrityksessä vallitsee.

Yritys ei tehnyt välittömästi päätöstä uusista menettelyistä. Kuitenkin yrityksessä oli osa menettelyistä käytössä ja vähitellen uusia menettelyjä otettiin käyttöön. Tutkimuksessa seurattiin tätä kehitystä marraskuuhun 1992. Seuraavassa tarkastellaan kuinka yritys omaksui uusia menettelyjä ja käytäntöjä (Toikka & Kuivanen 1993; Hyötyläinen 1998):

Häiriönseurantakirja. Tutkimuksen kuluessa käyttäjät merkitsivät häiriöt häiriönseurantakirjoihin, joita oli eri koneilla. Kaikkiaan häiriönseuranta kesti 16 kuukautta (kesäkuu 1991 - syyskuu 1992). Käyttäjät merkitsivät keskimäärin yhden häiriön päivässä kirjoihin. Suurin määrä oli neljä häiriötä päivässä. Käyttäjät merkitsivät kirjoihin ohjeita kuinka häiriö eliminoidtiin. Jonkin verran kirjoissa oli myös kehitysehdotuksia.

Vuorovihko. Käyttäjät merkitsivät lapuille ohjeita seuraavalle vuorolle. Syksyllä 1992 käyttäjät ottivat tutkijoiden ehdottaman vuorovihkon käyttöön eri koneilla.

Ries- ja ongelmalista. Toukokuussa 1992 häiriönseurantakirjaa uudistettiin. Kirjan alkuun kerättiin keskeisimmät riesat ja ongelmat, jotka esiintyvät usein tai olivat muuten merkityksellisiä toiminnan kannalta. Käyttäjät ottivat tämän listan hyvin vastaan. Listasta muodostui kehitystyön väline, joka palveli yhteistoiminnallista kehitystyötä organisaatiossa. Organisaation muut tahot ja käyttäjät sopivat yhteistoiminnassa kehitystoimista ja niiden vastuista.

Kehitys- ja koulutussuunnitelmat. Käyttöönoton aikana organisaatio teki FMS-käyttäjille koulutussuunnitelman, jonka tarkoituksena oli lisätä käyttäjien ammattitaitoa ja monitaitoisuutta. Lisäksi seurantajaksolla organisaatiossa tehtiin kehityssuunnitelmia, joiden tarkoituksena oli poistaa keskeisimpiä häiriötä järjestelmästä kehitystoimin.

Vuoropalaveri. Loppuvuodesta 1991 organisaatio otti käyttöön vuoropalaverin FMS:n osalta. Käyttäjät keskustelivat neljännes tunnin vuoron yhteydessä järjestelmän käyttötilanteesta ja ongelmista. Tästä kuitenkin luovuttiin melko pian, koska tätä käytäntöä ei ollut muualla tehtaassa. Käyttäjät olisivat kuitenkin halunneet jatkaa käytäntöä, jonka he kokivat tarpeelliseksi.

Viikkopalaveri. Tutkijat ehdottivat, että käyttäjät pitäisivät työpaikalla viikoittain palaverin, jossa käsiteltäisiin yhteisiä asioita ja ongelmia. Käyttäjät pitivät tämän tapaista käytäntöä tarpeellisena. Tätä ei kuitenkaan organisaatiossa toteutettu.

Kuukausipalaveri. Ajatuksena oli, että kuukausipalaveri olisi toiminut kehityspalaverina, jossa häiriönseurantakirjojen merkinnät ja ongelmat käsitellään systemaattisesti. Palaverin tehtävänä olisi myös asettaa kehitysprojekteja ja valvoa niiden etenemistä. Organisaatio käynnisti kehitysryhmän, joka kokoontui noin kuukauden välein. Ryhmän työhön osallistui järjestelmän kaikki käyttäjät, menetelmä-

suunnittelijat, verstaan vetäjä ja tuotantopäällikkö. Kokouksissa käsiteltiin järjestelmän ongelmia ja kehitystarpeita sekä verstaan ohjauskysymyksiä.

Kehitys- ja koulutusprojektit. Organisaatiolla oli muutamia kehitysprojekteja, jotka asettiin erityiskysymysten ratkaisemiseen. Seurantajakson aikana kehitysprojekti-käytäntö vakiintui osaksi organisaation toimintaa.

Näillä menetelmillä ja organisaatiokäytännöillä organisaatio kykeni tekemään runsaasti kehitystoimia havaittujen ongelmien ja häiriöiden syiden poistamiseksi. Kaikkiaan koko 18 kuukauden seurantajakson aikana organisaatiossa kyettiin registeröimään 69 kehitystointa, mikä merkitsi yhtä kehitystointa joka viikko koko seurantajakson aikana (Hyötyläinen 1998).

9. Häiriönhallintaa ja kehitystoimintaa tukevan tietojärjestelmän määrittely

9.1 Tavoitteet

9.1.1 Käyttökohteet

Häiriönseurannan ja sitä tukevan tietojärjestelmän tavoitteena on tukea tuotantojärjestelmän *käyttöä ja kehitystoimintaa*. Tällä pyritään järjestelmän käytettävyyden ja tuottavuuden ylläpitoon ja nostoon erityisesti käyttöönotto- ja oppimisvaiheessa. Koska tuotantomenetelmät ja -laitteet kehittyvät ja muuntuvat koko ajan, on jonkinasteinen oppimisvaihe menossa käytännössä kaiken aikaa.

Käyttäjien talteen kirjaamat tiedot häiriöistä muodostavat suunnitellun tietojärjestelmän tietoperustan. Niinpä kirjauskäytäntö on oleellinen tietojärjestelmän hyväksikäytön kannalta ja tietojärjestelmän tulee myös tukea sitä mahdollisimman tehokkaasti (vrt. automaattinen kunnonvalvonta, Malinen 1996).

9.1.2 Käytön tuki

Häiriönhallintajärjestelmää voidaan käyttää käytön tukena ennen kaikkea *häiriöiden poistossa*, mutta myös niiden *ennakoinnissa* ja *ennaltaehkäisyssä*. Häiriön poistossa voidaan käyttää hyväksi tietoja aiemmista samankaltaisista häiriöistä, mm.:

- häiriön mahdollisista *syistä* tai sen takana olevista *ongelmista* ja niiden syistä;
- häiriön *havaitsemistavasta* tai oireista;
- häiriön tai ongelman *ratkaisutavoista*.

Jos pystytään tunnistamaan ennako-oireita, ongelmia voidaan mahdollisesti ratkaista jo ennen kuin ne kehittyvät häiriöiksi ja siten estää häiriöiden ilmaantumista. Vaihtoehtoisesti voidaan pienentää häiriön seurauksia.

FM-järjestelmissä tapahtuu häiriöitä 0,5–2 tunnin välein (Toikka ym. 1991; Toikka & Kuivanen 1993; Hyötyläinen 1998). Suurin osa on kestoaltaan vähäisiä eikä niitä aina edes mielletä häiriöiksi. Osasta taas aiheutuu vaihtelevanmittaisia, jopa ulkopuolista korjausta vaativia seisokkeja. Häiriönhallinnan kannalta *pysäytykset ja seisokit* eroavat toisistaan eikä niiden suhteen ole järkevää vaatia aina samanlaista toimintatapaa. *Sovelluskohtaisesti* on myös syytä selvittää, kummatko näistä erityisesti haittaavat tuotantoa ja mahdollisesti painottaa häiriönhallintaa eniten haittaavan tyyppin suuntaan.

9.1.3 Kehitystoiminta ja jatkuva parantaminen

Kun häiriönpoisto ja siitä toipuminen on välttämättä aikaan sidottu tehtävä: se on suoritettava nimenomaan häiriön tai sen ennakko-oireiden ilmaantuessa, kehitystoiminnan tarve ei synny samalla lailla välittömänä. Jatkuvan kehitystoiminnan aikaansaaminen edellyttääkin säännöllisiä toimintatapoja tuotantojärjestelmän ja organisaation suorituskyvyn seurantaan ja ongelmien tunnistamiseen ja ratkaisuun. Häiriönhallinta voi toimia yhtenä osana jatkuvaa parantamista (Hyötyläinen 1998).

Häiriönhallinta tukee kehitystoimintaa tarjoamalla tietoja järjestelmän häiriöistä ja ongelmista, mm. niiden *esiintymistaajuuksista, kohteista ja syistä*. Se auttaa tunnistamaan *useimmin tapahtuvat ja suurimmat seuraukset aiheuttavat ongelmat* ja niiden *syitä*. Häiriönhallinnan merkitys ongelmanratkaisulle on siten riippuvainen siitä, miten hyvin ja järjestelmällisesti häiriöitä koskevat tiedot kirjataan.

Myös itse kehitystoiminnan ja ongelmanratkaisun tapahtumien kirjaus ja seuranta tukee parannustoimintaa. Jos esimerkiksi *ratkaisun tulokset ja toimivuus* on testattu yhdessä kohteessa, ovat saadut kokemukset hyödyllisiä myös muissa samankaltaisissa kohteissa.

9.2 Järjestelmän käyttö

9.2.1 Tietojärjestelmän tuoma hyöty

Häiriötiedon kirjaus ja hyväksikäyttö sekä systemaattinen kehitystoiminta edistävät luonnollisesti organisaation oppimista ja jatkuvaa kehitystä (Winter 1996; Vicari & Troilo 1998). Erilaisiin seurantakirjoihin, kansioihin ym. paperidokumentteihin kirjatun tiedon hyväksikäyttö kuitenkin vaikeutuu sitä mukaa, mitä enemmän tietoa on kerääntynyt, ts. mitä hyödyllisempää se voisi olla. Tietojärjestelmään tallentamisen tuomia etuja ovat mm.

- tiedon kertyminen lisää sen käyttökelpoisuutta;
- tietoa voidaan hakea erilaisten tekijöiden kautta, esim. syyn, oireen tai häiriöluokan mukaan,
- tiedon uudelleenkäyttö kirjauksissa: esim. toistuvia häiriöitä ei tarvitse kirjata alusta alkaen,
- tiedot löytyvät aina määrätystä paikasta ja haluttaessa ne voivat olla saatavilla ja käsiteltävissä useassa eri pisteessä.

Onnistunut häiriönhallintatoiminta hyödyttää myös tuotantojärjestelmän toimittajaa, jolle tieto järjestelmän heikkouksista ja kehitystarpeista on arvokasta.

9.2.2 Käyttäjät

Tietojärjestelmän käyttäjiä ovat häiriönhallinnan toteuttajat, ts. häiriönpoistoon ja kehitystoimintaan osaa ottavat henkilöt. Näistä suurimpana ryhmänä ovat tuotantojärjestelmän *käyttäjät*, joille häiriöiden kirjauksen tulisi muodostua luonnolliseksi osaksi työtehtäviä. Kehitystoimintaan ja ongelmanratkaisuun osallistuvat ainakin työntekijät ja *työnjohtajat* sekä *suunnittelijat* (ks. Hyötyläinen 1998).

Tietojärjestelmän avulla toteutetun häiriönhallinnan tulisi *motivoida* käyttäjänsä: jos käytöstä ei tunnu olevan muuta kuin vaivaa, se jää helposti osittaiseksi tai sattumanvaraiseksi. Koska hyöty perustuu käytön myötä kertyvään tietämykseen, ei sattumanvarainen käyttö riitä. Jos ainoastaan osa työntekijöistä tallentaa kokemuksiaan muidenkin käyttöön, toiminta lopahtaa ennen pitkää. Kokeneet työntekijät eivät välttämättä halua jakaa tietämystään muille, jos se tuottaa heille itselleen vain vaivaa samalla kun se heikentää heidän asemaansa työryhmässä (ks. Toikka & Kuivanen 1993; Hyötyläinen 1998). Niinpä toiminta tulisi organisoida siten, ettei kukaan jäisi ainoastaan antavaksi osapuoleksi, vaan *kaikille osapuolille olisi siitä hyötyä*.

9.2.3 Käyttöympäristö

Tuotantoympäristö ja sen toimintatapa vaikuttaa häiriönhallinnan tietojärjestelmän käyttötapaan ja toteutusmuotoon. Tiedon jakaminen ja hyväksikäyttö on erilaista, kun tuotantolaitoksen osastot tai yksiköt toimivat toisistaan riippumatta kuin jos ne ottavat osaa samojen tuotteiden valmistukseen. Verkostosolujen osalta pitää selvittää, mitkä tiedot ovat solun sisäisiä, mitkä taas kannattaa jakaa yleiseen käyttöön (ks. Alasoini ym. 1995).

Häiriökokemukset ja häiriönpoistoon liittyvät ohjeet ovat hyödyksi kaikille yksiköille, joilla on käytössä samankaltaisia työvälineitä. Myös kehityskohteiden tunnistamisen kannalta on edullista koota yhteen samankaltaisten yksiköiden kokemukset, koska tällöin voidaan löytää kehitystoimia, joista on hyötyä useammassa pisteessä. Lisäksi osa valmistuksen ongelmista palautuu suunnitteluun, joten ainakin osittain kehitystoimintaan liittyvän tiedon tulisi olla varsin yleisessä käytössä (ks. Toikka ym. 1995). Toisaalta on varottava liiallista tietotulvaa, johon hyödyllinen tieto helposti hukkuu. On siis tarpeen määritellä, miten mikäkin tieto jaetaan organisaatiossa.

Tietojen kokoamis- ja levitystarve sekä toisaalta tuotantoympäristön valmiudet ja resurssit vaikuttavat siihen, onko tietojärjestelmän sopivin toteutusympäristö yksittäinen mikro vai verkkoon liitetyt koneet. Verkossakin toteutustapa voi vaihdella keskitetystä tietokannasta hajautettuihin tietokantoihin ja vain valitun tiedon yhteiseen jakeluun. Koska tiedon jakaminen pitää määritellä aina sovelluskohtaisesti, ei tässä yleisen tason

määrittelyssä tarkastella erikseen erilaisia verkottumisasteita, vaan lähdetään liikkeelle yksinkertaisimmasta; yhden tietokoneen tietojärjestelmästä.

9.2.4 Käyttötilanteet

Käyttötilanteita on periaatteessa kahdenlaisia: häiriö- ja ongelmanratkaisutietojen *tallennusta* järjestelmään sekä ko. tietojen *hyväksikäyttöä*. Käytännössä nämä usein yhdistyvät: häiriönpoiston yhteydessä voidaan aluksi verrata häiriötä aikaisempiin toipumiskeinojen löytämiseksi, ja häiriön selvittyä kirjata siihen liittyvät lisätiedot. Vastaavasti kehitystoiminnassa voidaan kirjausten avulla tunnistaa kehityskohteita ja -menetelmiä ja lopuksi tallentaa seurantaan varten päätetyt ratkaisut ja tehtävät. Lisäksi järjestelmää voidaan käyttää käyttökoulutuksessa, jolloin tietojen selaus ei välttämättä liity reaaliseseen häiriöön tai ongelmaan, vaan esimerkiksi mitä-jos-tapausten läpikäyntiin.

Koska tietojen keräys on kriittinen vaihe, on kiinnitettävä huomiota sen tekemiseen mahdollisimman helpoksi (ks. Toikka & Kuivanen 1993; Hyötyläinen 1998). Ei ole hyväksyttävää, että käyttäjä joutuu kertomaan asiat kahteen kertaan järjestelmälle. Niinpä *tietojen keräys tulee mahdollisimman pitkälle yhdistää tiedon etsintään*. Siltä osin kuin se on mahdollista, tietoja tulee ottaa talteen jo siinä vaiheessa, kun käyttäjä pyrkii esim. valintalistojen avulla tunnistamaan tilannetta ratkaisumenetelmien löytämiseksi. Toisaalta tallennus ei voi olla automaattista, koska kokeiluselaukset on myös hyväksyttävä. On myös päätettävä, *mitkä tiedot välttämättä halutaan*, ja mikä osa on vapaaehtoista lisätietoa. Vapaamuotoisille kuvauksille on aina oltava paikka.

Häiriöiden yhteydessä tapahtuvan tiedon tallennuksen lisäksi voidaan luoda perustietokantaa analysoimalla häiriö- ja vikamahdollisuuksia ja niiden syitä jo etukäteen ennen niiden ilmaantumista.

Mahdollisia käyttötilanteita ovat:

1. Valmistautuminen ja koulutus

1.1. Perustietojen analyysi ja syöttö

Tuotantojärjestelmää analysoimalla pyritään määrittämään sen mahdollisia vika/häiriötilanteita, niiden syitä, seurauksia ja havaitsemistapoja esim. luotettavuustekniikan menetelmin (ks. Hyötyläinen 1998). Analyysin tulokset talletetaan häiriönhallintajärjestelmän tietokantaan. Itse analyysi voi tapahtua tietojärjestelmän yhteydessä tai siitä irrallaan.

1.2. Käyttökoulutus

Häiriötietojen selaus, esim. häiriökuvausten (oireiden, syiden) ja ratkaisumenetelmien tarkastelu sekä mitä-jos-tilanteiden läpikäynti auttavat erityisesti uusia työntekijöitä tutustumaan tuotantojärjestelmään. Haluttaessa tietojärjestelmään voidaan liittää myös häiriötilanteista riippumattomia käyttöohjeita, esim. käynnistyssekvenssejä, jotka ovat helposti saatavilla. Soveltuvien osien voidaan käyttää hypertext/media-muotoa.

2. Tosiainainen tilanteen hallinta

2.1. Häiriötilanne

Häiriön ilmenemismuodon (havaintojen) perusteella pyritään tunnistamaan kohde, häiriötyyppi tai -luokka, takana olevat ongelmat ja syyt sekä poistamaan häiriö mahdollisimman nopeasti. Häiriön toistuvuuden tai tunnistuksen helppouden mukaan voidaan käyttää sen pikakirjausta, tarkempaa tarkastelua tai analyysiä tilanteen selvittämiseen.

Jos syyt ja häiriönpoistomenetelmä eivät ole suoraan tiedossa, niitä voidaan selvittää tietojärjestelmään tallennettujen tietojen avulla. Jos tietokannasta ei löydy suoraan vastaavaa tapausta, voidaan tarkastella muiden samankaltaisten kohteiden tietoja sekä lähinnä samankaltaisia tapauksia. Tietojärjestelmää voidaan käyttää tässä apuna häiriötilanteen tunnistamiseen.

Ensisijaisena tavoitteena häiriötilanteessa on siis häiriön poisto. Kun se on saatu hoidetuksi, on vielä talletettava siihen liittyvä tieto siltä osin kuin se poikkesi aikaisemmin talletetuista tilanteista. Jos häiriö oli suoraan aikaisemman tilanteen toisinto, se tarvitsee vain merkitä tapahtuneeksi. Nopeasti ratkeavan tilanteen selvityksen ja mahdollisen kirjaamisen tulee olla yksinkertainen ja nopea, kun taas vaikeammista ja monimutkaisemmista tilanteista, joiden syyt eivät ole heti selviä, on asiallista laatia tarkemmat kirjaukset. Aina ei perimmäinen syy selviä heti, vaikka tuotantojärjestelmä saataisiinkin käyntiin, ja lisäkirjauksia ja -selvityksiä voidaan tarvita vielä häiriön jälkeenkä (ks. Toikka & Kuivanen 1993; Hyötyläinen 1998).

2.2. Häiriön ennakointi

Normaalista poikkeava havainto tuotantojärjestelmästä saattaa ennakoida sitä, että järjestelmään on kehittymässä häiriö tai että häiriön todennäköisyys on kasvanut. Esimerkiksi jos kaksi yhtäaikaista vikaa aiheuttaa tuotannon pysähtymisen, ja saadaan havainto niistä toisen toteutumisesta, voidaan pyrkiä estämään häiriö ennakoita, jos mahdollista.

Tuotantojärjestelmästä tehtyä havaintoa voidaan verrata tietojärjestelmään kirjattuihin oireisiin ja niiden perusteella pyrkiä tunnistamaan tilanne ja tarvittavat toimintatavat. Jos oire onnistutaan poistamaan, kirjataan kokemukset talteen.

3. Kehitystoiminta

Kehitystoiminnassa on useita vaiheita, mm. kehityskohteiden tarkastelu ja valinta, kehitystoimenpiteiden muodostaminen ja päättäminen sekä itse kehitystoiminnan (jatkuva) toteutus ja seuranta. Kehitystoiminnan tukena voidaan käyttää ns. systemaattisen kehitystoiminnan välineitä, mm. erilaisia taulukoita (ks. Toikka ym. 1995; Hyötyläinen 1998). Tietojärjestelmä voi tarjota käyttöön ko. taulukot joko suoraan tekstinkäsittely- tai taulukko-laskentapohjaisina tai tietokanta-käyttöliittymänä.

Kehitystoimien kohteiden valinnassa voidaan käyttää hyväksi häiriötietoja esimerkiksi usein esiintyneistä ja paljon seisokkeja aiheuttaneista ongelmista. Haluttaessa tietojärjestelmä voidaan määritellä antamaan hälytyksiä usein toistuvista tai suurista seurauksia aiheuttavista häiriöistä tai kohteista. Jotta tältä osin olisi tietopohjaa, on myös toistuvien häiriöiden kirjaaminen häiriötilanteessa tarpeellista.

Myös kehitystoimien tulokset, esimerkiksi saavutettu häiriöiden väheneminen tai käytettävyyden parannus, jos se on määrättävissä, on hyvä dokumentoida (ks. Hyötyläinen 1998). Tiedoista on jatkossa hyötyä parannustoimien valinnassa ja toteutuksessa.

9.3 Tietosisältö

9.3.1 Tiedon lähteet

Pääasiallisena tietosisältönä järjestelmässä on *tiedot tapahtuneista häiriöistä*, jotka käyttäjät kirjaavat (ks. Toikka ym. 1991; Toikka & Kuivanen 1993). Jotta tieto olisi mahdollisimman käyttökelpoista ja sitä voisi lähestyä eri tekijöiden kautta, tulee se tallentaa rakenteeltaan selkeästi siten, että kunkin yksittäisen tiedon merkitys ja yhteydet ovat löydettävissä. Siis pelkkä vapaa tekstimuotoinen kuvaus häiriöstä ei ole riittävää, vaan tarvitaan rakenteista tiedon tallentamista, tietokantaa. Luokitteluja on syytä käyttää hyväksi mahdollisuuksien mukaan.

Kehitystoiminnan dokumentointi ei välttämättä vaadi yhtä tiukkaa rakennetta. Vähimmäisvaatimuksena on tekstimuotoisten taulukoiden täyttäminen, jotka tallennetaan omina kokonaisuuksinaan ilman keskinäisiä riippuvuuksia ja linkkejä.

Koska tietojärjestelmän arvo kehittyy vasta siihen kertyneen tiedon mukana, on etenkin alkuvaiheessa kiinnitettävä huomiota käyttäjien motivointiin. Yksi mahdollisuus luoda jo käyttökelpoinen *lähtötietoperusta* on tehdä tuotantojärjestelmän kvalitatiivinen *luotettavuusanalyysi*, jolla pyritään selvittämään järjestelmän mahdollisia vika- ja häiriötilanteita jo ennalta ennen niiden esiintymistä. Tähän tarkoitukseen on olemassa koeteltuja menetelmiä.

9.3.2 Kerättävät tiedot

Häiriö/vikatieto

Häiriötieto on järjestelmän tärkein hyväksikäytettävä tietovarasto, jota hyödynnetään sekä käytössä että kehitystoiminnassa. Tapahtuneista häiriöistä kerättävän tiedon yksityiskohtainen määrittely (mm. *kohteet, luokitteluperusteet*) on tehtävä sovelluskohtaisesti, mutta kerättävät tietoelementit voidaan myös määrittellä yleisesti. Häiriöistä voidaan kirjata mm. seuraavanlaisia asioita (ks. Toikka ym. 1991; Toikka & Kuivanen 1993; Hyötyläinen 1998):

- tapahtuma-aika
- kohde
- tuotanto/ajotilanne (luokittelu)
- tuote/tuoteperhe
- häiriö/vikaluokka
- häiriön kuvaus
- häiriön seuraukset:
 - seuraustyyppi (seisokki, hylky,...)
 - kesto/ suuruus
- häiriön syyt (jos tunnistettu)
- liittyy ongelmaan (luokittelu?)
- havaitsemistapa (luokittelu?)
- havaitsija/kirjaaja
- häiriönpoistotoimenpiteet
- parannustarve (K/E); kuvaus
- muuta huomioitavaa

Tiedot tulee kirjata kukin omaan kenttäänsä ja tallentaa linkeineen tietokantaraken- teeseen, jotta niitä päästään käyttämään tehokkaasti hyväksi. On myös päätettävä, mitkä tiedoista vaaditaan kaikista häiriöistä ja mitä kenttiä käytetään vain tarvittaessa. Käytännössä mahdollisimman monesta kohdasta kannattaa luoda vaihtoehdot tai valintalista, jolloin käyttäjä voi tehdä kirjauksen mahdollisimman vähin toimenpitein.

Luokitelluista häiriöistä ja syistä voidaan kirjausten perusteella laatia yhteenvetoja ja laskea tunnuslukuja mm. häiriöiden/vikojen esiintymistiheydelle ja seisokkimäärille (vrt. Toikka & Kuivanen 1993).

Kehitystoimintatieto

Joskin meneillään olevasta ja aiemmin suoritetuista kehitystoimista kertynyt tieto ei ole yhtä suoraviivaisesti hyödynnettävissä kuin häiriötieto, voidaan sitäkin käyttää hyväksi jatkuvassa parantamisessa. Kesken olevien kehitystoimien osalta on tietenkin tarpeen

seurata etenemistä ja tilannetta (ks. Toikka ym. 1995). Jo päätettyjen toimien kokemuksista ja tuloksista voidaan oppia uusia toimia suunniteltaessa.

Systemaattisen kehitystoiminnan tukena voidaan käyttää mm. erilaisia taulukoita, joilla ongelmia ja ratkaisuja voidaan eritellä ja analysoida sekä seurata niiden toteutumista ja vaikutuksia (Toikka ym. 1995; Hyötyläinen 1998). Näihin kirjataan mm. seuraavanlaista tietoa:

- ongelmat ja niiden kuvaukset
- ongelmien esiintymistiheys ja vaikutukset tuotantoon ja työn sujuvuuteen
- ongelmien syyt, verkoston osa, jossa ne syntyvät sekä ratkaisut
- ratkaisuun liittyvät toimenpiteet, vastuuhenkilöt ja aikataulu
- ratkaisun toteutuminen, kommentteja
- ratkaisun toteutuneet vaikutukset (usein vaikea arvioida)

Koska kehitystoimien kokemustiedon käyttöalue on häiriötiedon käyttöä suppeampi eikä luonteeltaan yhtä selväpiirteinen, saattaa tiedon tekstimuotoinen hyväksikäyttö (ilman tietokantaa) olla riittävää. Kuitenkin liittymä häiriötietoon on ratkaistava siten, että säilyy tieto siitä, *mitkä kehitystoimet liittyvät mihinkin häiriötiedosta havaittuun ongelmaan*, ts. mikä ongelma on tai pitäisi olla jo ratkaistu.

9.4 Toimintoryhmät

Tietojärjestelmän sisältämät toiminnot tulee olla selkeitä ja niiden tulee perustua tietojärjestelmän käytölle asetettuihin tavoitteisiin ja tarkoituksiin. Häiriönhallintaan suunniteltavan tietojärjestelmän tehtävänä on tukea käyttökohteen tavoitteiden saavuttamisessa. Tavoitteet ovat lähinnä kohteen käytettävyyden parantaminen, häiriöiden parempi hallinta ja kohdejärjestelmän ja sen käytön kehittäminen.

Tässä luvussa käytetään "tietojärjestelmä"-sanaa silloin, kun tarkoitetaan yleisesti tietojärjestelmiä. Selvennyksen vuoksi käytetään tässä luvussa "häiriönhallintajärjestelmä"-sanaa silloin, kun tarkoitetaan häiriönhallintaa tukevaa tietojärjestelmää.

Häiriönhallintajärjestelmän rakentamisen lähtökohdat määräytyvät yleisistä tietojärjestelmästä edellytettävistä yleisistä vaatimuksista ja häiriönhallintaan liittyvistä erityisvaatimuksista. Lähtökohtana on, että käyttäjä voi myös kiireisissä vika-, häiriö tai ongelmatilanteissa kommunikoida tietojärjestelmän kanssa. Sen lisäksi häiriönhallintajärjestelmän avulla tulee voida analysoida kohdetta. Häiriönhallintajärjestelmän käyttö koulutustoiminnassa tulee huomioida samalla tavoin kuin sen käyttö tietojen säilyttämiseen ja raportointiin sekä näytölle että kirjoittimelle.

Häiriönhallintajärjestelmää suunniteltaessa haetaan ensin kaikki ne toiminnot, joita voidaan ajatella tämän hyödyntävän. Eri tyyppisistä toiminnoista valitaan sitten ne, jotka ovat ohjelmiston rakentamisen mahdollisuuksien rajoissa ja käyttäjälle riittävä ja hyödyllinen. Liian monimutkaiset toiminnot saattavat nostaa käyttökynnystä ja aiheuttaa itsessään lisää häiriöitä kohteeseensa. Toisaalta käyttötarkoitus voi asettaa monia uusia vaatimuksia häiriönhallintajärjestelmälle.

Tietojärjestelmän käyttöalueet ja käyttökohteet sekä käyttötarkoitukset voivat vaihdella huomattavasti. Näiden selvittäminen on tarpeellista ja tietojärjestelmä tulee rakentaa niiden perusteella. Käyttöpaikka voi olla esimerkiksi valvomo, koneen edusta tai suunnittelupöytä. On myös selvitettävä ketkä tarvitsevat järjestelmää ja miten he haluavat siitä hyötyä (ks. Toikka ym. 1991; Hyötyläinen 1998).

Minkälainen häiriönhallintajärjestelmä voisi tai pitäisi olla? Mitä sen pitäisi tehdä? Mitä on käyttäjäystävällisyys? Näitä ja monia muita kysymyksiä on hyvä selvittää rakennettaessa tietojärjestelmää. Tietojärjestelmän suunnittelussa tyypillistä on ns. "kiva kun olisi" -asenne, jossa tietojärjestelmään sisällytetään mahdollisimman paljon erilaisia hienoja piirteitä, joita ei käyttäjä sitten tarvitsekaan tai osaa hyödyntää. Tässä tarvitaan selkeitä tavoitteiden asetteluita ja päämääriä. Käyttäjälle olisi myös annettava tietojärjestelmän avulla riittävä palaute tietojärjestelmän hyödyllisyydestä siinä kohteessa, johon se on suunniteltu. Tietojärjestelmän rakentamisessa kannattaa lähteä liikkeelle pienestä alusta ja tehdä siitä joustava ja helposti laajennettavissa sekä täydennettävissä oleva.

Erilaisten koodien käyttö tietokannassa nopeuttaa tietojen siirtymistä ja analysointeja sekä helpottaa toteutusta ja hakuja, mutta se voi myös heikentää tiedon tarkkuutta. Häiriöitä koskevia yksityiskohtaisia tietoja voidaan koodauksessa menettää. Siksi tietokannassa tulisi olla myös alueita vapaalle tekstile (jossa voidaan tarvittaessa hyödyntää esim. hypertekstiä) tarkentamaan ja täydentämään koodausta. Tällaisena voi toimia erillinen "huomautuksia" -sarake, johon käyttäjä voi kirjata omat merkintänsä ko. häiriöstä. On kuitenkin huomattava, että "huomautuksia" -sarakkeen hyödyntäminen järjestelmässä riippuu suurelta osin myös sen sisältämän vapaan tekstin laadusta. Murre sanoja ja laitteiden lempinimiä tulisi välttää ja käyttää lähinnä standardoitua termistöä. Vapaan tekstin sarakkeita voi tietenkin järjestelmässä olla useitakin.

9.4.1 Toimintojen pääryhmät

Häiriönhallintajärjestelmän toiminnoista tärkeimmät ovat seuraavat:

- häiriötietojen syöttö tietokantaan ja niiden seuranta
- häiriöiden poistoon tähtäävä häiriötietojen haku ja analysointi

- kunnossapitoa tukevat toiminnot
- prosessin analysointi ja koulutusta sekä oppimista edistävät toiminnot
- ongelmanratkaisumenettely

Näiden toimintojen lisäksi häiriönhallintajärjestelmään voidaan sisällyttää seuraavia järjestelmän toimintoja:

- häiriön paikantaminen komponentin nimen perusteella tai valitsemalla komponentti tietojärjestelmään rakennetusta prosessikaaviosta
- häiriöiden ennakoiminen ja heikkojen kohtien paikantaminen
- käytettävyyden seuranta ja trendien esittäminen
- järjestelmän käytön opastus
- tietojen tarkistusmenettely

Häiriönhallintajärjestelmän tehokas hyödyntäminen edellyttää, että käyttäjä on motivoitunut ja näkee sen jossain vaiheessa helpottavan hänen työtään ja nostavan prosessin käytettävyyttä. Yksinkertaisuus ja helppokäyttöisyys tulisi olla jokaisessa häiriönhallintajärjestelmän osassa selkeästi näkyvillä.

Häiriötietojen syöttö tietokantaan ja niiden seuranta sekä tietojen tarkistusmenettely

Häiriötietojen syötössä on hyvä noudattaa joitakin ennalta sovittuja menettelytapoja. Esimerkiksi häiriöt määritellään ennakolta käytön opastuksessa. Häiriöiksi voidaan luokitella esimerkiksi kaikki ne tuotantoa ja työn sujuvuutta haittaavat tapahtumat ja ongelmat, jotka ovat joko yksittäisiä tai toistuvia. Häiriö voi olla suoranaisesti tuotantoprosessiin, sen käyttöön tai sen laitteisiin liittyvä odottamaton tai ennustettu tapahtuma (ks. Toikka ym. 1991). Häiriöt voidaan jakaa ainakin kolmeen ryhmään: tuotantohäiriöt, käyttöhäiriöt ja ongelmat. Tuotantohäiriöt voivat johtua esim. komponenttivioista, säätövirheistä, suunnitteluvirheistä, ohjausvirheistä jne. Käyttövirheet ovat ihmisen toimintatavoista johtuvia, operaattorin virhetoimintoja, virheellisiä ajotapoja, reseptin virheellisyyksiä, huolimattomuuksia tai vääriä ohjeita jne.

Häiriöt voidaan luokitella toteutuneisiin ja toistaiseksi toteutumattomiin tapahtumiin. Toteutuneiden tapahtumien häiriötiedot viedään järjestelmässä eri tietokantaan kuin prosessin analysoinnissa tunnistettujen vielä toteutumattomien tapahtumien häiriötiedot. Häiriöt voidaan luokitella monella eri tavalla. Yksi luokittelu on esim. komponentin ja vikamoodien mukainen kriittisyys, alentunut suorituskyky tai alkava vika. Myös vikatekijät tai vikaan johtavat tekijät sekä erityisolosuhteet voidaan kirjata häiriönhallintajärjestelmään (ks. Hyötyläinen 1998).

Ongelma on sellainen, joka usein toistuessaan alkaa haitata työtä siinä määrin, että työntekijä ei enää pidä sitä normaaliin työhönsä kuuluvana, vaan päättää ryhtyä toimenpiteisiin - ts. määrittelee sen ongelmaksi. Tällaisilla ongelmilla on tyypillisesti neljä toisiinsa liittyvää ominaisuutta - yksilöllisyys, yksittäisyys, paikallisuus ja tilannekohtaisuus. Yksilöllisyys tarkoittaa sitä, että jokainen työntekijä näkee jonkin asian henkilökohtaisesti omalla tavallaan. Ongelma on yksittäinen eikä se ole osa ongelmien jäsentynyttä kokonaisuutta. Ongelma ilmenee jossain työpisteessä tai paikallisesti, vaikka sen syyt olisivatkin jossain etämmällä organisaatiossa. Tilannekohtaisuus tarkoittaa taas sitä, että tapahtuma ei ole ongelma ennen kuin se on kasvanut yksilön kannalta sietämättömäksi (ks. Toikka ym. 1991).

Selvyyden vuoksi voitaisiin häiriöt ja ongelmat eritellä häiriönhallinta-järjestelmässä omiin tietokantoihin johtuen niiden erilaisista käsittelytavoista. Ongelmanratkaisumenettely on usein pitkäaikainen, paljon pohdintaa vaativa ja useita organisaatiotahoja koskeva menettelytapa (ks. Toikka ym. 1995). Tavanomaiset häiriötapahtumat taasen edellyttävät usein nopeaa häiriönpoistotekniikkaa.

Häiriötietojen syöttö voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla:

(1) Käyttäjä voi hakea komponentin tai osajärjestelmän prosessikaaviosta, jolloin sitä osaa koskevat tiedot ja koodit yms. siirtyvät häiriötietojen syöttövalikkoon valmiiksi kirjoitettuna.

(2) Toinen vaihtoehto olisi, että käyttäjä kirjoittaa itse komponentin tai osajärjestelmän nimen tai koodin, josta lähtien toiminta jatkuu kuten edellisessä kohdassa. Häiriötietoihin kirjataan häiriön syyt, seuraukset, toteutetut korjaavat toimenpiteet ja mahdolliset kunnossapitotoimet viestitettävät työtilaukset sekä suunnitteluun tehtävät mahdolliset muutosehdotukset jne.

(3) Kolmas vaihtoehto olisi tietojen kopiointi aikaisemmista tapahtumista tai kirjatuista häiriötiedoista. Kopioinnin jälkeen käyttäjä tekee häiriötietoihin tarvittavat muutokset ko. tapahtumaan sopiviksi.

Häiriötietojen seuranta sisältää vikojen ja häiriöiden listaukset. Listaukset voidaan tehdä haluttaessa erilaisessa järjestyksessä. Esimerkkejä listauksista: eniten vikoja sisältävät komponentit, eniten käytettävyyteen vaikuttaneet viat, komponentit tai vikamoodit sekä eniten häiriöitä aiheuttaneet viat.

On odotettavissa, että tietojen syötössä tapahtuu virheitä, annetaan vääriä koodeja tai kirjoitetaan oikea tieto väärälle kohteelle jne. Syötettävien tietojen luotettavuutta voidaan tarkistaa kahden henkilön toimesta ja järjestelmässä voi olla myös automaattista

tarkistusta. Esimerkiksi tietyillä komponenteilla ei voi olla tiettyjä vikamoodeja ja jos sellainen on kirjoitettu, huomauttaa ohjelma tehdystä virheestä. Ohjelma voi myös tarkistaa komponenttien nimiä ja koodeja.

Häiriöiden poistoon tähtäävä häiriötietojen haku ja analysointi

Häiriön mahdollisimman nopea poistaminen tai korjaaminen edellyttää häiriönhallintajärjestelmältä ja sen käytöltä ominaisuuksia, joiden avulla vastausten ja ehdotusten hakeminen nopeutuisi. Käytännössä saattaa kuitenkin olla niin, että varsinkin yleisimpien häiriöiden sattuessa, häiriö korjataan ensin ja sitten vain kirjataan tapahtuma tietokantaan. Jos häiriötä ei heti saada korjatuksi, voidaan myös häiriönhallintajärjestelmää käyttää ratkaisun etsinnässä. Tällöin tulevat kysymykseen aiemmin toteutuneet samanlaiset tai samantyyppiset häiriöt, joita voidaan hakea hakuohjelman avulla tietokannasta. Tietokannassa on löydettävissä myös toteutumattomien häiriömahdollisuuksien analyysituloksia.

Häiriötietojen haku voidaan suorittaa joko yksittäistä kenttää tai useampia kenttiä käyttämällä. Yksittäisen kentän haussa voidaan hakea esimerkiksi kaikkia niitä häiriöitä ja vikoja, jotka ovat johtaneet tai voivat johtaa prosessin pysähtymiseen. Useampien kenttien haussa voidaan hakea esimerkiksi tietyn komponentin tai osajärjestelmän vikoja ja häiriöitä, jotka ovat johtaneet prosessin pysähtymiseen.

Häiriötietojen analysoinnissa, erotuksena prosessin analysoinnista, on kysymys toteutuneisiin tapahtumiin liittyvän tiedon jalostamisesta. Prosessin analysoinnissa on kysymys koulutuksesta, prosessiin tutustumisesta, tietokannan kartuttamisesta toteutumattomien tapahtumien osalta, prosessin häiriömahdollisuuksien tunnistamisesta ja vaihtoehtoisten korjaustoimenpiteiden etsimisestä. Häiriötietojen analysoinnissa voidaan tuottaa komponentteja, osajärjestelmiä ja koko prosessin toimintaa kuvaavia tunnuslukuja ja tilastoja sekä trendejä. Esimerkkejä näistä ovat vikataajuudet komponenteille, vikamoodeille ja kriittisyysluokille, jotka kaikki voidaan esittää kalenterivuotta tai käyttöaikaa kohden. Trendejä voidaan esittää graafisina kuvina. Häiriötiedoista saadaan esille esimerkiksi eliniän jakautumia ja kunnossapidon työaikoja.

Häiriötietoja analysoimalla saadaan selville erilaisia prosessin, komponenttien, osajärjestelmien ja järjestelmien luotettavuusominaisuuksia. Näihin ominaisuuksiin kuuluva käytettävyyden laskenta antaa informaatiota ja palautetta niin käyttäjälle ja kunnossapidajalle kuin myös komponenttien valmistajille. Analyysi paljastaa suunnittelun heikkoja kohtia ja muutostarpeita (ks. Norros ym. 1988; Hyötyläinen 1998).

Häiriötietoja analysoimalla saadaan tietoja, jotka voidaan liittää ns. varoitusjärjestelmään. Siinä alkavat tai ennustettavissa olevat viat voidaan asettaa erityiseen tarkkailuun.

Kyseisiä vikoja voidaan ennalta tarkastella häiriönhallintajärjestelmän avulla, jolloin niiden ilmaantuessa häiriönpoistoon liittyvät toimenpiteet on jo valmiiksi suunniteltu.

Kunnossapitoa tukevat toiminnot

Kunnossapitoon liittyy ennaltaehkäisevä ja korjaava kunnossapito. Ennaltaehkäisevään liittyy määräaikaishuollot, testaukset, testivälien optimointi, työtilaukset, seisokkien aikaiset työt jne. Ennaltaehkäisevä kunnossapito perustuu komponenttien inventaarioon, joka sisältää komponenttien lukumäärät tyypeittäin ja niiden kuvaukset. Korjaavaan kunnossapitoon liittyy häiriönhallintajärjestelmän kautta välitettävät tiedot korjattavasta kohteesta sekä esim. tietoja siitä, miten kohde on aiemmin korjattu (ks. Alasoini ym. 1995). Korjaava kunnossapito perustuu siis häiriötieto-osaan, josta löytyy kaikkien komponenttien vikataajuudet ja tyyppilliset syyt vikojen syntyyn.

Kunnossapitoa tukee komponenttien ja järjestelmien kuvaukset, jotka sisältyvät myös hallintajärjestelmän prosessikaavioon. Komponenteilla on siinä hierarkiatasot, joiden perusteella voidaan löytää erilaisia kokonaisuuksia ja komponenttien luokituksia (pumput, putket) sekä niiden alaluokkia.

Prosessin analysointi ja koulutusta sekä oppimista edistävät toiminnot

Prosessin analysointi sisältää uusien häiriömahdollisuuksien tunnistamisen ja niiden analysoinnin sekä kirjaamisen häiriönhallintajärjestelmään. Tunnistaminen tapahtuu joko satunnaisesti mieleenjohtuneista mahdollisista tapahtumista tai järjestelmällisesti jotain häiriöiden tunnistusmenetelmää käyttäen. Prosessin analysointi voidaan aloittaa esim. komponenttitasolta. Mietitään mitä erilaisia vaikutuksia jonkin komponentin tietyn tyyppisestä vikaantumisesta voi seurata ja miten vika korjataan sekä miten tuotantokatkos saadaan mahdollisimman pieneksi (ks. Toikka ym. 1991; Hyötyläinen 1998). Prosessin analysointi voidaan aloittaa myös esim. tarkastelemalla jotain tietyn tyyppistä häiriötä ja selvittämällä, mitä eri syitä sen esiintymiseen saattaisi olla. Tällöin tarvitaan järjestelmällistä tunnistusmenettelyä, jossa esim. esitetään sopivia avainsanoja syiden, seurausten, korjaavien toimenpiteiden ja mahdollisten prosessimuutosten osalta.

Prosessin analysointi antaa hyvät mahdollisuudet prosessin ja sen käytön koulutukseen. Myös jatkuva prosessin kehittäminen on näin mahdollista. Prosessin hallinnan oppimista tapahtuu häiriöiden selvittämisen ja uusien tunnistamisen avulla. Häiriönhallintajärjestelmästä voidaan noutaa aiemmin analysoituja ja toteutuneita häiriöitä tarkasteluun ja siten myös tarkistaa, onko uusi tarkasteltava häiriö jo analysoitu.

Ongelmanratkaisumenettely

Ongelmanratkaisumenettelyssä on samoja vaiheita kuin toteutuneiden häiriöiden kirjauksissa ja analysoinnissa sekä uusien häiriömahdollisuuksien tunnistamisessa ja analysoinnissa. Ongelma määritellään sitä varten laaditulle kuvaruudussa näkyvälle lomakkeelle. Ongelman vaikutukset arvioidaan ja syyt sekä ratkaisuvaihtoehdot kartoitetaan. Lisäksi selvitetään ratkaisujen toteutustapa ja suunnitellaan toteutuksen seuranta (ks. Norros ym. 1988; Toikka ym. 1991; Toikka & Kuivanen 1993; Toikka ym. 1995).

10. Johtopäätökset

Meneillään olevissa taloudellisten, tuotannollisten ja teknologisten muutosten oloissa taloudellisen tuotannon saavuttaminen edellyttää tuotantojärjestelmiltä joustavuutta ja mukautumiskykyä (ks. Sherman & Shultz 1998). Konepajatuotannon kehittämisessä on siirrytty tuotannon joustavuuden ja uudelleen ohjelmoitavuuden sekä näitä tukevien organisaatiomuotojen tavoitteluun. Tuotannon joustavuutta on rakennettu teknisillä ja ohjausteknisillä keinoin sekä näihin liittyvin organisatorisin ratkaisuin. Tärkeäksi tekniseksi välineeksi joustavan ja taloudellisen tuotannon saavuttamisessa ovat muodostuneet joustavat valmistusjärjestelmät (ks. Ollus ym. 1990; Pietiläinen 1993; Kajaste & Liukko 1994).

Tapaustutkimusten analyysit osoittavat, että teknisten järjestelmien soveltaminen käyttöympäristöön ja käyttöorganisaatioon on monimutkainen prosessi. Teknisten järjestelmien käyttöönoton voidaan nähdä olevan paljolti tuote- ja valmistusjärjestelmäsidonnaista, mikä merkitsee sitä, että yritysکوhtainen teknologinen osaaminen ja kyky tehdä sovelluksiin liittyviä omia innovaatioita ovat tärkeitä tekijöitä järjestelmän tehokkaalle käyttöönotolle ja hyvälle toimivuudelle (vrt. Sahal 1981; Slaughter 1993). Tapaustutkimusten tulosten analyysin mukaan suuri osa järjestelmän sovitus- ja kehitystyöstä tapahtuu tekniikan käyttöönotossa ja käytössä niin, että kehitys näyttäytyy monina pieninä teknis-organisatorisina kehitystoimina. Tutkimuksen tulosten mukaan joustava valmistusjärjestelmä voidaan nähdä kehittyvänä toimintajärjestelmänä, jonka hallinnan parantaminen sekä toiminnan optimointi ja kehittäminen on jatkuva prosessi.

Valmistusjärjestelmän häiriöt ovat uhka järjestelmän käytettävyydelle. Tästä syystä kaikki toimenpiteet häiriöiden hallintaan ja ehkäisyyn ovat tärkeitä. Häiriöistä toipumista voidaan edistää häiriönhallintaa kehittämällä. On myös mahdollista suunnata häiriönhallintaa häiriöiden ennalta ehkäisyyn. Samalla häiriöt muodostavat perustan kehitystoiminnalle (vrt. Sitkin 1996; Vicari & Troilo 1998). Häiriönhallinta ja kehitystoiminta edellyttävät organisatorisia keinoja ja työkaluja, jotka tukevat organisaatiota häiriöiden käsittelyssä ja toiminnan parannustyössä.

Tapaustutkimusten tulosten analyysin mukaan järjestelmän käyttäjät ovat keskeisessä asemassa järjestelmän häiriöiden ja ongelmien selvittämisessä (vrt. Jones 1989; Cole 1994). Tämä kävi ilmi selvästi jo käyttöönottovaiheessa. Normaalin käytön aikana käyttäjien häiriönpoisto- ja kehitystoiminta jatkui. Tehokas häiriönhallinta ja kehitystoiminta edellyttää verkostomaisia suhteita yrityksen sisällä, sillä monet ongelmat ovat monisyisiä ja ne edellyttävät muutoksia eri puolella organisaatiota ja sen menettelyjä. Keuyen tuotannon mallin mukaiset organisatoriset käytännöt mahdollistavat integroidut organisatoriset yhteistoiminta- ja ongelmanratkaisumenettelyt (ks. Clark & Fujimoto 1991; Nonaka & Takeuchi 1995; Dixon 1999).

Tapaustutkimuksen tulosten pohjalta on mallinnettu häiriönhallinnan ja kehitystoiminnan organisatoriset käytännöt ja työkalut. Vähitellen yritys kykeni ottamaan käyttöön ja soveltamaan tutkijoiden esittämät menettelyt. Keskeisenä välineenä on häiriönseuranta-kirja sekä riesa- ja ongelmalista. Näiden pohjalta voidaan tehdä kehityssuunnitelmia ja henkilöstön koulutussuunnitelmia. Häiriöiden ja kehitystoiminnan käsittely edellyttää organisatorisia menettelyjä, joita voivat olla käyttäjien vuoropalaverit, henkilöstön viikokopalaverit sekä tehtaan kuukausipalaverit.

Häiriönhallinnan ja kehitystoiminnan työkalut voidaan saattaa tietojärjestelmällä pidettäväksi. Tietojärjestelmän edut tulevat esiin yhtäältä käytön helppoutena, koska järjestelmä voi opastaa käyttäjiä, ja toisaalta historiatietojen hyväksikäytössä. Tutkimuksessa on määritelty häiriönhallintaa ja kehitystoimintaa tukeva tietojärjestelmä. Määrittelyn mukaan tietojärjestelmä tuo monia etuja, joita kyetään hyödyntämään käyttämällä tietojärjestelmän ominaisuuksia monipuolisesti. Kuitenkin järjestelmän luotettavuus edellyttää organisaatiolta järjestelmällistä toimintaa ja tapahtumien kirjaamista.

Tutkimuksessa on tehty ohjelmisto häiriönhallinnan ja kehitystoiminnan tietojärjestelmän määrittelyn pohjalta. Ohjelmistolla on voitu demonstroida järjestelmän toimivuutta ja soveltuvuutta aikaisempien yritysaineistojen analysointiin.

Tutkimuksen tulokset voivat palvella yrityksiä niiden kehitystyössä häiriönhallinta- ja kehitystoiminnan organisoinnissa sekä niitä tukevien menetelmien rakentamisessa. Tulokset voivat soveltua myös häiriönhallintaan ja kehitystoimintaan työkaluja tarjoavia ohjelmistotoimittajia. Kuitenkin tutkimuksella on omat rajoitteensa. Ensinnäkin kullakin yrityksellä on omat olosuhteet ja edellytykset. Tämä merkitsee sitä, että häiriönhallinta ja kehitystoiminta täytyy sopeuttaa yrityksen toimintaympäristöön. Järjestelmältä edellytetään tiettyä sovelluskohtaisuutta. Toiseksi tietojärjestelmäohjelmisto laadittiin yli kolmen vuoden takaisella teknologialla. Nykyisin on tarjolla toisenlaisia työkaluja ja mahdollisuuksia, erityisesti Internet- ja web-teknologiat. Kolmanneksi tutkimuksessa häiriönhallinnan ja kehitystoiminnan tietojärjestelmää on tarkasteltu yksittäisenä järjestelmänä, lähinnä yhteen mikroon sisältyvänä järjestelmänä. Kuitenkin yrityksiä on useita erilaisia tietojärjestelmiä, joihin myös häiriönhallinnan ja kehitystoiminnan tietojärjestelmä täytyy integroida. Järjestelmien välisillä kytkennöillä on usein saavutettavissa yrityksen eri toimintoja ja niiden tietotarpeita palvelevia ominaisuuksia. Lisäksi tällaiset kytkennät ovat edistämässä eri toimintojen välistä yhteistoimintaa ja tiedonvaihtoa, mikä puolestaan tukee integroitua ongelmanratkaisua organisaatiossa.

Lähdeluettelo

Abernathy, W.J., Clark, K.B. & Kantrow A.M. 1983. *Industrial Renaissance. Producing a Competitive Future for America*. New York: Basic Books.

Adler, P.S. & Cole, R.E. 1993. *Designed for Learning.: A Tale of Two Auto Plants*. Sloan Management Review, Spring, s. 85–94.

Adler, P. & Helleloid, D. 1987. *Effective Implementation of Integrated CAD/CAM: A Model*. IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. EM-34, No. 2, s. 101–107.

Alasoini, T., Hyötyläinen, R., Kasvio, A., Kiviniitty, J., Klemola, S., Ruuhilehto, K. Seppälä, P., Toikka, K. & Tuominen, E. 1994. *Tehdas laboratoriona. Työ, kulttuuri ja teknologia -tutkimusprojektin väliraportti*. Tampereen yliopisto, Työelämän tutkimuskeskus, Työraportteja 44.

Alasoini, T., Hyötyläinen, R., Klemola, S., Seppälä, P., Toikka, K. & Kiviniitty, J. 1995. *Verkostosolu - uusi näkökulma solutuotantoon*. Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Bainbridge, L. 1983. *Ironies of Automation*. Automatica, Vol. 19, No. 6, s. 775–779.

Bessant, J. & Haywood, B. 1985. *The introduction of Flexible Manufacturing as an Example of Computer Integrated Manufacturing*. Innovation Research Group, Department of Business Management, Brighton Polytechnic, Final Report, October.

Blumberg, M. & Gerwin, D. 1985. *Coping with Advanced Manufacturing Technology*. In: Rhodes, E. & Wield, D. (Eds.), *Implementing New Technologies: Choice, Decision and Change in Manufacturing*. Oxford: Basil Blackwell. S. 209–218.

Boedker, S. & Gronbaek, K. 1996. *Users and Designers in Mutual Activity: An Analysis of Cooperative Activities in Systems Design*. In: Engeström, Y. & Middleton, D. (Eds.), *Cognition and Communication at Work*. New York: Cambridge University Press. S. 130–158.

Boer, H. 1991. *Organising Innovative Manufacturing Systems*. Aldershot - Brookfield USA - Hong Kong - Singapore - Sydney: Avebury.

Boer, H., Hill, M. & Krabbendam, K. 1990. *FMS Implementation Management: Promise and Performance*. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 10, No. 1, s. 5–20.

Boer, H. & Krabbendam, K. 1992. Organizing for Manufacturing Innovation: The Case of Flexible Manufacturing Systems. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 12, No. 7/8, s. 41–56.

Braun, E. 1985. Constellations for Manufacturing Innovation. In: Rhodes, E. & Wield, D. (Eds.), *Implementing New Technologies: Choice, Decision and Change in Manufacturing*. Oxford: Basil Blackwell. S. 86–94.

Brown, J. 1991. Research that Reinvents the Corporation. *Harvard Business Review*, January-February, s. 102–111.

Brödner, P. 1985. Skill Based Production - The Superior Concept to the "Unmanned Factory". In: Bullinger, H-J. & Warnecke, H.J. (Eds.), *Toward the Factory of the Future*. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Production Research and 5th working Conference of the Fraunhofer-Institute for Industrial Engineering*, University of Stuttgart, August 20–22. S. 500–505.

Brödner, P. 1990a. *The Shape of Future Technology*. London - Berlin - Heidelberg - New York - Paris - Tokyo - Hong Kong: Springer-Verlag.

Brödner, P. 1990b. Technocentric - Antropocentric Approaches: Towards Skill-Based Manufacturing. In: Warner, M., Wobbe, W. & Brödner, P. (Eds.), *New Technology and Manufacturing Management. Strategic Choices for Flexible Production Systems*. Chichester - New York - Brisbane - Toronto - Singapore: John Wiley & Sons. S. 101–111.

Burbidge, J.L. 1979. *Group Technology in the Engineering Industry*. London: Mechanical Engineering Publications.

Checkland, P. & Holwell, S. 1998. *Information, Systems and Information Systems. Making Sense of the Field*. Chichester: John Wiley and Sons.

Clark, K.B. & Fujimoto, T. 1991. *Product Development Performance. Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry*. Boston: Harvard Business School Press.

Clark, P. & Starkey, K. 1988. *Organization Transitions and Innovation-Design*. London and New York: Pinter Publishing.

Cohen, S. & Zysman, J. 1987. *Manufacturing Matters*. New York: Basic Books.

Cole, R.E. 1994. Different Quality Paradigms and their Implications for Organizational Learning. In: Aoki, M. & Dore, R. (Eds.), *The Japanese Firm. Sources of Competitive Strength*. Oxford - New York: Oxford University Press. S. 66–83.

Corbett, J.M., Rasmussen, L. & Rauner, F. 1991. *Crossing the Border. The Social and Engineering Design of Computer Integrated Manufacturing Systems*. London -Berlin - Heidelberg - New York - Paris - Tokyo - Hong Kong: Springer-Verlag.

Cusumano, M.A. 1992. Shifting Economies: From Craft Production to Flexible Systems and Software Factories. *Research Policy* 21, s. 453–480.

Davenport, T.H. 1997. *Information Ecology. Why Technology is not Enough for Success in the Information Age*. Oxford: Oxford University Press.

Deitz, D. 1988. World Class Manufacturing. *Computers in Mechanical Engineering*, July/August, s. 18–24.

Dertouzos, M.L., Lester, R.K. & Solow, R.M. 1989. *Made in America. Regaining the Productive Edge*. Cambridge, Massachusetts - London: The MIT Press.

Dixon, N.M. 1999. *The Organizational Learning Cycle. How We Learn Collectively*. Cambridge: Gower.

Dosi, G. 1988. The Nature of the Innovative Process. In: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. & Soete, L. (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London and New York: Pinter Publishers. S. 221–238.

Economic Commission for Europe (ECE). 1986. *Recent Trends in Flexible Manufacturing*. New York: United Nations.

Edquist, C. & Jacobsson, S. 1988. *Flexible Automation. The Global Diffusion of New Technology in the Engineering Industry*. Oxford: Basil Blackwell.

Ehn, P. 1988. *Work-Oriented Design of Computer Artifacts*. Stockholm: Arbetslivcentrum.

Eijnatten, F.M. van 1993. *The Paradigm that Changed the Work Place*. Stockholm: The Swedish Center for Working Life - Assen: Van Gorcum.

Engeström, Y. 1994. *Training for Change: New Approach to Instruction and Learning in Working Life*. Geneva: International Labour Office.

Fichman, R.G. & Moses, S.A. 1999. An Incremental Processes for Software Implementation. *Sloan Management Review*, Winter, s. 39–52.

Fix-Stertz, J., Lay, G., Schultz-Wild, R. & Wengel, J. 1990. Flexible Manufacturing Systems and Cells in the Federal Republic of Germany. In: Warner, M., Wobbe, W. & Brödner, P. (Eds.), *New Technology and Manufacturing Management*. Chichester: John Wiley & Sons. S. 191–212.

Freeman, C. & Perez, C. 1988. Structural Crises of Adjustment: Business Cycles and Investment Behavior. In: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. & Soete, L. (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London and New York: Pinter Publishers. S. 38–66.

Garvin, D.A. 1993. Building a Learning Organization. *Harvard Business Review*, July-August, s. 78–91.

Gerwin, D. 1988. A Theory of Innovation Processes for Computer-Aided Manufacturing Technology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 35, No. 2, May, s. 90–100.

Gould, B. 1980. On the Adoption of Technological Innovations in Industry: Superficial Models and Complex Decision Processes. *OMEGA The International Journal of Management Science*, Vol. 8, No. 5, s. 505–516.

Gupta, Y.P. 1989. Human Aspects of Flexible Manufacturing Systems. *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter, s. 30–35.

Hammer, H. 1991. Flexible Fertigungssysteme realisieren die Computerintegrierte Fertigung. *Werkstatt und Betrieb* 124, Nr. 5, s. 355–360.

Hietanen, A. 1993. The Adoption of New Manufacturing Technologies. Elaborating a Stakeholder approach. Tampere: Acta Universitatis Tamperensis, serie A vol 362.

Hirschhorn, L. 1986. *Beyond Mechanization: Work and Technology in a Postindustrial Age*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Hirsch, B.E., Hamacher, B & Thoben, K-D. 1992. Human Aspects in Production Management. *Computers in Industry* 19, s. 65–77.

Hirsch-Kreinsen, H. & Schultz-Wild, R. 1990. Implementation Processes of New Technologies - Management Objectives and Interests. *Automatica*, Vol. 26, No. 2, s. 429–433.

Hyötyläinen, R. 1988. FMS ja työorganisaatio. Julkaisussa: Joustava tuotanto ja rakennemuutos -seminaari 15. - 16.9.1988, Keilaniemi. Helsinki: SITRA, Sarja A nro 89. S. 235–248.

Hyötyläinen, R. 1993. FM-järjestelmän käyttöönotto innovaatioprosessina – valmistuksen näkökulma. Teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto, liseniaattityö, 121 s.

Hyötyläinen, R. 1994. The Implementation of FMS as an Innovation Process. In: Kidd, P.T. & Karwowski, W. (Eds.), *Advances in Agile Manufacturing. Integrating Technology, Organization and People*. Amsterdam - Oxford - Washington DC - Tokyo: IOS Press. S. 181–184.

Hyötyläinen, R. 1998. Implementation of Technical Change as Organizational Problem-Solving Process. Espoo: VTT Publications 337.

Hyötyläinen, R., Norros, L. & Toikka, K. 1990. Constructing Skill-Based FMS - A New Approach to Design and Implementation. In: Utkin, V. & Jaaksoo, U. (Eds.), *Preprints of 11th IFAC World Congress, 13–17 August 1990, Vol. 9*. Tallinn, IFAC. S. 49–54.

Hyötyläinen, R. & Simons, M. 1990. Tuotantoautomaatioinvestoinnin kustannus-hyötyanalyysi. Julkaisussa: *Automaatiopäivät 90*. Helsinki: Suomen Sääteknillinen Seura. S. 312–324.

Hyötyläinen, R. & Simons, M. 1996. The Network Cell as a Step to Network Factory. *Automation Technoly Review 1996*. Espoo: VTT Automation, s. 89–100.

Hyötyläinen, R. & Simons, M. 1998. The Network Cell as a Step to the Network Factory. In: Lindberg, P., Voss, C.A & Blacmon K.L. (Eds.), *International Manufacturing Strategies: Context, Content and Change*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. S. 369–384.

Hyötyläinen, R., Simons, M., Tuominen, L., Ruuhilehto, K. & Aronen, K. 1991. *Tuotannollinen muutos ja organisaatioinnovaatiot*. Helsinki: Kaupunkiliiton painatuskeskus.

Imai, M. 1986. *Kaizen. The Key to Japan's Competitive Success*. New York: McGraw-Hill Publishing Company.

Imai, M. 1997. Gemba Kaizen. A Commonsense, Low-cost Approach to Management. New York: McGraw-Hill Publishing Company.

Jaikumar, R. 1986. Postindustrial Manufacturing. Harvard Business Review, November-December, s. 69–76.

Jones, B. 1989. When Certainty Fails: Inside the Factory of the Future. In: Wood, S. (Ed.), The Transformation of Work. London: Unwin Hyman. S. 44–58.

JOT käytännössä. 1987. MET, Tekninen Tiedotus 12/87.

Julkunen, R. 1987. Työprosessi ja pitkät aallot. Työn uusien organisaatiomuotojen synty ja yleistymisen. Tampere: Vastapaino.

Kajaste, V. & Liukko, T. 1994. Lean toiminta. Suomalaisten yritysten kokemuksia. MET, Tekninen tiedotus 6/94.

Kelley, M. & Brooks, H. 1988. The State of Computerized Automation in U.S. Manufacturing. Research Report, Harvard University, Center for Business and Government, Boston, October.

Kevyt ja joustava toimintatapa - tie kansainväliseen kilpailukykyyn. 1992. Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus.

Kidd, P. (Ed.) 1990. Organization, People and Technology in European Manufacturing. CEC, FAST, APS Research Series, Vol. 3, FOP 247, November.

Krafcik, J. 1988. Triumph of the Lean Production System. Sloan Management Review, Fall, s. 41–52.

Kuivanen, R. 1996. Disturbance Control in Flexible Manufacturing. The International Journal of Human Factors in Manufacturing, Vol. 6 (1), s. 41–56.

Köhler, C. & Schultz-Wildt, R. 1985. Flexible Manufacturing Systems - Manpower Problems and Policies. Journal of Manufacturing Systems, Vol. 4, No. 2, s. 135–146.

Lakso, T. 1988. The Influence of FMS-Technology on the Efficiency on NC-Controlled Machine Tools. Tampere: Tampere University of Technology, Publication 50.

Lakso, T., Halkola, T. & Vartiainen, O. 1991. FM-järjestelmien tehokas käyttö - vaikutukset kilpailukykyyn. Helsinki: MET, Tekninen tiedotus 14/91.

Larikka, M. & Pohjosmäki, J. 1995. Jatkuva parantaminen, 100 käytännön esimerkkiä. Metalliteollisuuden Keskusliitto, 3/95.

Lay, G. 1990. Strategic Options for CIM Integration. In: Warner, M., Wobbe, W. & Brödner, P. (Eds.), *New Technology and Manufacturing Management. Strategic Choices for Flexible Production Systems*. Chichester - New York - Brisbane - Toronto - Singapore: John Wiley & Sons. S. 125–144.

Lehner, F. 1991. Anthropocentric Production Systems: The European response to Advanced Manufacturing and Globalization. Synthesis Report, CEC, FAST; APS Research Series, Vol. 4, June.

Leonard-Barton, D. 1992. The Factory as a Learning Laboratory. *Sloan Management Review*, Fall, s. 23–38.

Lillrank, P. 1990. Laatumaa. Johdatus Japanin talouselämään laatujohtamisen näkökulmasta. Jyväskylä: Gaudeamus.

Lindberg, P. 1992. Management of Uncertainty in AMT Implementation: The Case of FMS. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 12, Nos. 7/8, s. 55–75.

MacKenzie, D. & Wajcman, J. 1987. Introductory Essay. In: MacKenzie, D. & Wajcman, J. (Eds.), *The Social Shaping of Technology*. Milton Keynes - Philadelphia: Open University Press. S. 2–25.

Malinen, P. (toim.) 1996. Konepajan tuotantoprosessien tehokkuuden, tuottavuuden ja laaduntuottokyvyn parantaminen kunnossapidon avulla. MET Julkaisuja 10/96. Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Martin, T., Kivinen, J., Rijnsdorp, J. Rodd, M. & Rouse, W. 1990. Appropriate Automation - Integrating Technical, Human, Organizational, Economic, and Cultural Factors. In: Utkin, V. & Jaaksoo, U. (Eds.), *Preprints of 11th IFAC World Congress, 13–17 August 1990, Vol. 1*. Tallinn, IFAC. S. 47–65.

Meredith, J. 1987a. Implementing the Automated Factory. *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 6, No. 1, s. 1–13.

Meredith, J. 1987b. Managing Factory Automation Projects. *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 6, No. 2, s. 75–91.

Mieskonen, J. 1989. Suomalainen FM-järjestelmä. Havaintoja kentältä ja vertailuja kansainväliseen aineistoon. Helsinki: SITRA, TES-program in Finland, nro 11.

Nadler, G. & Robinson, G. 1987. Planning, Designing, and Implementing Advanced Manufacturing Technology. In: Wall, T.B., Clegg, C.W. & Kemp, N.J. (Eds.), *The Human Side of Advanced Technology*. Chichester - New York - Brisbane - Toronto - Singapore: John Wiley & Sons. S. 15–36.

Nonaka, I. 1991. The Knowledge-Creating Company. *Harvard Business Review*, November-December, s. 96–104.

Nonaka, I. & Takeuchi, H. 1995. *The Knowledge-Creating Company. How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York - London: Oxford University Press.

Norros, L. 1991. Development of Operator's Expertise in Implementing New Technologies: Constructing a Model in a Case Study on Flexible Manufacturing. In: Enander, A., Gustavsson, B., Karlsson, J.C. & Starrin, B. (Eds.), *Work and Welfare. Papers from the Second Karlstad Symposium on Work*. University of Karlstad, Research Report 91:7. S. 67–82.

Norros, L. 1996. System Disturbances as Springboard for Development of Operators' Expertise. In: Engeström, Y. & Middleton, D. (Eds.), *Cognition and Communication at Work*. New York: Cambridge University Press. S. 159–176.

Norros, L., Toikka, K. & Hyötyläinen, R. 1988. FMS:n käyttöönotto: tapaustutkimuksen tuloksia. Julkaisussa: Ranta, J. & Huuhtanen, P. (toim.) *Informaatiotekniikka ja työympäristö. Osa III: Informaatiotekniikka metallituote- ja konepajateollisuudessa*. Helsinki: Työsuojelurahasto, Julkaisuja n:o A3. S. 139–189.

Ollus, M., Lovio, R., Mieskonen, J., Vuorinen, P., Karko, J., Vuori, S. & Ylä-Anttila, P. 1990 *Joustava tuotanto ja verkostotalous*. Helsinki: SITRA nro 109.

Pietiläinen, K. 1993. *Joustavat valmistusjärjestelmät erilaisissa tuotannollisissa ympäristöissä*. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, tietotekniikan osasto, diplomityö.

Piore, M. & Sabel, C. 1984. *The Second Industrial Divide. Possibilities for Prosperity*. New York: Basic Books.

Ranta, J. & Tchijov, I. 1990. Economics and success factors of Flexible Manufacturing Systems: The conventional explanation revisited. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 2, s. 169–190.

Rasmussen, J. 1986. *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*. New York - Amsterdam - London: North-Holland.

Rogers, E. M. 1995. *Diffusion of Innovations*. New York - London - Toronto - Sydney - Tokyo - Singapore: The Free Press, Fourth Edition (first edition in 1962).

Rose, M. 1975. *Industrial Behaviour*. Bristol: Allen Lane.

Rosenberg, N. 1985. *Inside Black Box: Technology and Economics*. Cambridge - London - New York - New Rochelle - Melbourne - Sydney: Cambridge University Press.

Rosenbrock, H. (Ed.) 1989. *Designing Human-Centred Technology. A Cross-Disciplinary Project in Computer-Aided Manufacturing*. London - Berlin - Heidelberg - New York - Paris - Tokyo - Hong Kong: Springer-Verlag.

Rouse, W.B. 1991. *Design for Success. A Human-Centered Approach to Designing Successful Products and Systems*. New York - Chichester - Brisbane - Toronto - Singapore: John Wiley & Sons.

Rummler, G.A. & Brache, A.P. 1990. *Improving Performance. How to Manage the White Space on the Organization Chart*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.

Sahal, D. 1981. *Patterns of Technological Innovation*. London - Amsterdam - Don Mills, Ontario - Sydney - Tokyo: Addison-Wesley Publishing Company.

Sandberg, T. 1982. *Work Organization and Autonomous Groups*. Uppsala: Liber Förlag.

Senker, P. 1986. *Towards the Automatic Factory? The Need for Training*. Bedford - Berlin - Heidelberg - New York - Tokyo: IFS (Publications) Ltd and Springer-Verlag.

Seppälä, P., Tuominen, E. & Koskinen, P. 1988. Uuden tuotanto-organisaation toteutus ja vaikutukset; tapausesimerkki. Julkaisussa: Ranta, J. & Huuhtanen, P. (toim.) *Informaatiotekniikka ja työympäristö. Osa III: Informaatiotekniikka metallituote- ja konepajateollisuudessa*. Helsinki: Työsuojelurahasto, Julkaisuja n:o A3. S. 101–138.

Sherman, H. & Schultz, R. 1998. *Open Boundaries. Creating Business Innovation through Complexity*. Reading, Mass.: Perseus Books.

Simons, M. & Hyötyläinen, R. 1995. *Mukautuva tuotanto. Toimitusprosessin kehittäminen yksittäistuotannossa*. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1636.

Sitkin, S.B. 1996. *Learning Through Failure. The Strategy of Small Losses*. In: Cohen, M.D. & Sprull, L.S. (Eds.), *Organizational Learning*. Thousands Oaks - London - New Delhi: SAGE Publications. S. 541–577.

Slaughter, S. 1993. *Innovation and Learning during Implementation: A Comparison of User and Manufacturer Innovations*. *Research Policy* 22, s. 81–95.

Small, M.H. & Yasin, M.M. 1997. *Developing a Framework for the Effective Planning and Implementation of Advanced Manufacturing Technology*. *International Journal of Operation & Production Management*, Vol. 17, No. 5, s. 468–489.

Sohlenius, G. 1990. *Computer Integrated Manufacturing and the Society*. *Computers in Industry* 14, s. 213–224.

Solut Suomen metalliteollisuudessa. 1981. Helsinki: Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, Tekninen tiedotus 18.

Sorge, A., Hartmann, G., Warner M. & Nicholas, I. 1985. *Microelectronics and Manpower in Manufacturing. Applications of Computer Numerical Control in Great Britain and West Germany*. Aldershot: Gower.

Tarvainen, K. & Hyötyläinen, R. 1997. *The Net Type of Network Cell and the Network Relations: A Case of Purso Tools*. In: Armistead, C. & Kiely, J. (Eds.), *Effective Organizations. Looking to the Future*. London: Cassell. S. 238–241.

Taylor, F. 1913. *The Principles of Scientific Management*. New York - London: Harpers.

Tchijov, I. 1989. *FMS World Data Bank*. IIASA, Working Paper, May, WP-89-33, Laxenburg, Austria.

Thorsrud, E. 1980. The Changing Structure of Work Organisation. In: Kanawaty, G. (Ed.), *Managing and Developing New Forms of Work Organisation*. Geneva: International Labour Office, Management Development Series No. 16. S. 3–31.

Tiefenthal, R. (Ed.) 1975. *H. B. Maynard on Production*. London: MacGraw-Hill.

Toikka, K., Norros, L. & Hyötyläinen, R. 1988. Kehittyvää työtä tutkimassa - metodologisia kysymyksiä. Julkaisussa: Ranta, J. & Huuhtanen, P. (toim.) *Informaatiotekniikka ja työympäristö. Osa II: Vaikutusten tutkimisen metodiikka*. Helsinki: Työsuojelurahasto, Julkaisuja n:o A2. S. 105–142.

Toikka, K., Norros, L., Hyötyläinen, R. & Kuivanen, R. 1991. Häiriönhallinta joustavassa valmistuksessa. Toinen painos. Tampere: Työsuojelurahasto, Julkaisuja n:o A14.

Toikka, K. & Kuivanen, R. 1993. Häiriöt kehitysmahdollisuutena: Tekniikan, organisaation ja työtavan kehitys joustavassa valmistusjärjestelmässä. Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Toikka, K., Kiviniitty, J., Simons, M., Hyötyläinen, R. & Alasoini, T. 1995. Systemaattinen kehitystoiminta - ratkaisu "ikuisuusongelmiin". Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Tuoteverstaiden käyttöönotto. 1986. MET, Tekninen tiedotus 29/86.

Udwadia, F.E. 1990. Creativity and Innovation in Organizations. Two Models and Managerial Implications. *Technological Forecasting and Social Change* 38, s. 65–80.

Urabe, K. 1988. Innovation and the Japanese Management System. In: Urabe, K., Child, J. & Kagono, T. (Eds.), *Innovation and Management: International Comparisons*. Berlin and New York: Walter de Gruyter. S. 3–25.

Van de Ven. 1986. Central Problems in the Management of Innovation. *Management Science*, Vol. 32, No. 5, May, s. 590–607.

Vartiainen, M. 1994. Työn muutoksen välineet. Muutoksen hallinnan sosiotekniset menetelmät. Tampere: Otatieto Oy, Julkaisu 550.

Vicari, S. & Troilo, G. 1998. Errors and Learning in Organizations. In: Krogh, G. von, Roos, J. & Kleine, D. (Eds.), *Knowing in Firms. Understanding, Managing and Measuring Knowledge*. London: SAGE Publications. S. 204–222.

Virkkunen, J., Engeström, Y., Pihlaja, J. & Helle, M. 1999. *Muutoslaboratorio. Uusi tapa oppia ja kehittää*. Helsinki: Edita.

Voss, C.A. 1988a. Implementation: A Key Issue in Manufacturing Technology: The Need for a Field of study. *Research Policy*, Vol. 2, No. 17, s. 55–63.

Voss, C.A. 1988b. Success and Failure in Advanced Manufacturing Technology. *International Journal of Technology Management*, Vol. 3, No. 3, s. 285–297.

Winter, S.G. 1996. Organizing for Continuous Improvement. Evolutionary Theory Meets the Quality Revolution. In: Cohen, M.D. & Sproull, L.S. (Eds.), *Organizational Learning*. Thousand Oaks - London - New Delhi: Sage Publications. S. 460–483.

Wobbe, W. 1992. What are Anthropocentric Production Systems? Why are They a Strategic Issue for Europe? CEC, FAST, Report EUR 13968 en.

Womack, J.P. & Jones, D.T. 1996. *Lean Thinking. Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Simon & Schuster.

Womack, J.P., Jones, D.T. & Roos, D. 1990. *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates.

Zuboff, S. 1988. *In the Age of the Smart Machine. The Future of Work and Power*. New York: Basic Books.

Liite 1: Häiriönhallintajärjestelmän rakenne ja toiminta

Tässä liitteessä käsitellään häiriönhallintaa tukevan tietojärjestelmän kuvausta. Kyseistä tietojärjestelmää tai ohjelmistoa kutsutaan tässä lyhyesti vain häiriönhallintajärjestelmäksi. Ohjelmisto on tehty Delphi3-sovelluskehittimellä sekä Paradox7-tietokantaohjelmistolla. Ohjelmisto tehtiin osana Häiriönhallinnan organisointi- ja analysointimenetelmät -kehittämishanketta. Ohjelmiston laati erikoistutkija Jorma Fieandt VTT Automaatiosta.

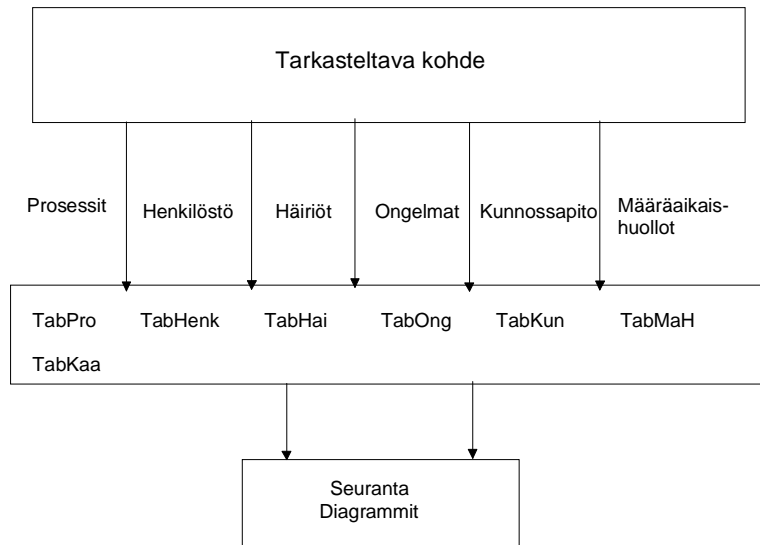
Liitteen tarkoituksena on selvittää häiriönhallintajärjestelmän rakennetta ja toimintoja. Kuvauksen on laatinut Jorma Fieandt.

Häiriönhallintajärjestelmään sisältyy pääohjelma (Hairio.dpr) sekä 10 eri Uni-alkuista ohjelmiston käännösyksiköiden lähdekooditiedostoa (*.pas), jotka käännettäessä muodostavat ohjelmiston exe-tiedoston (Hairio.exe). Tietokannan perusta on jaettu 7:ään eri Paradox-taulukkoon, jotka sisältävät ylläpidettävät tiedot häiriöistä, ongelmista, kunnossapidosta, määräaikaishuollosta, henkilöstöstä ja prosesseista sekä niihin liittyvistä graafisista prosessikaavioista.

Toiminnot

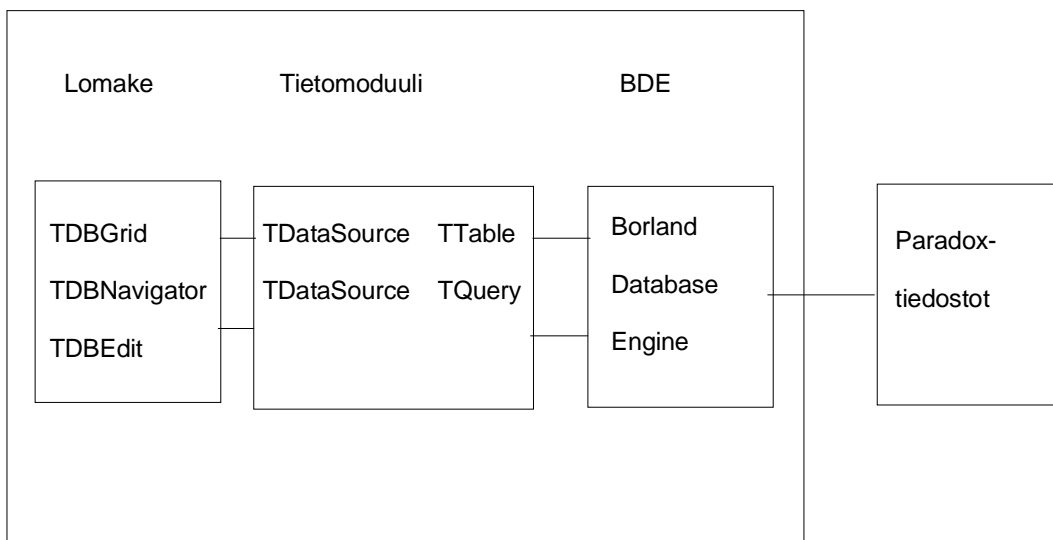
Häiriönhallintajärjestelmän pääasiallisina toimintoina voidaan pitää Paradox-taulukoiden selausta ja muokkausta käyttäen hyväksi Delphi-sovelluskehittimellä tehtyjä valikkoikkunoita, joihin pääsee joko päävalikosta tai suoraan pikanäppäimillä muistakin ohjelmiston valikkoikkunoista. Selaus- ja muokkaustoimintojen lisäksi ohjelmiston avulla voidaan tehdä tietosisällöistä poimintoja diagrammeiksi.

Häiriönhallintajärjestelmä-prosessin rakenne on kuvan 1 tietovirtojen kuvausten mukainen. Tarkasteltava kohde voi olla yritys, tehdas, laitos tai osa laitosta. Tab-alkuiset Paradox-taulukoiden nimet ovat samalla tiedostojen (*.DB) nimiä.



Kuva 1. Häiriönhallintajärjestelmän tietovirrat.

Tarkasteltavan kohteen tiedot vietään taulukoihin häiriönhallintajärjestelmän vastaavan nimisillä lomakkeilla. Näiden lomakkeiden liittymiä Paradox-taulukoihin ja -tiedostoihin voidaan esittää kuvan 2 kaaviolla, jossa on esitetty myös tietomodulien ja relaatiotietokantojen hallintaohjelmiston (Borland Database Engine, BDE) sijainnit sovellusta kuvaavassa rakenteessa. Kaaviossa on esitetty häiriönhallintajärjestelmälle tyypillisiä lomakkeen komponentteja.



Kuva 2. Sovelluksen arkkitehtuuri.

Häiriönhallintajärjestelmässä on päävalikkolomakkeen lisäksi yhteensä 10 eri lomaketta. Lomakkeiden nimet ovat edellä kuvatun tietovirran mukaan seuraavat: FmPro, FmHenk, FmHai, FmOng, FmKun, FmMaH sekä erikseen prosessihakua avustava

FmPHak ja aineiston analysointia ja kohteen seuranta varten tarkoitettu diagrammi-lomake FmSeura. Näiden lisäksi kalenteria varten on kehitetty oma lomake FmKal.

Lomakkeet, komponentit ja tietomoduulit

Häiriönhallintajärjestelmän sisältämien lomakkeiden tietomoduulit ovat TDataSource-, TTable- ja TQuery-tyyppiä ja ne ja niiden komponentit on nimetty ja niille on annettu merkitykset. Paradox-tilukoiden nimet ovat samat kuin kuvassa 1 (Tabxxx.DB).

Taulukot

Häiriönhallintaohjelmaan sisältyvät taulukot on lueteltuina kuvan 1 tietovirroissa. Taulukoiden nimet ovat Tab-alkuisia ja loppuosa muodostuu tarkasteltavien asioiden lyhenteistä jotka ovat:

-Pro (prosessit), -Kaa (prosessikaaviot), -Henk (henkilöstö), -Hai (häiriöt), -Ong (ongelmat), -Kun (kunnossapito) sekä -MaH (määräaikaishuolto).

Taulukoiden avainkentät ovat numerokenttiä, joita voi editoida paitsi kun kysymyksessä on häiriö- tai ongelmanumero, joilla avainkenttä on automaattisesti kasvava ja joita ei voida jälkepäin muuttaa. Taulukoiden riippuvuussuhteiden varmistamiseksi on pääavainkentäksi valittu TabPro-tilukon ProsNro-kenttä. Sama kenttä on avaimena myös prosessikaavioita sisältävässä TabKaa-tilukossa. Kaikissa muissa taulukoissa on myös vastaava ProsNro-kenttä lukuun ottamatta henkilöstötietoja sisältävää TabHenk-tilukkoa. Kaikki taulukot saadaan siis kytkeytyksi toisiinsa avainkenttien avulla. Häiriönhallintajärjestelmän taulukoiden kenttien nimiä, tyyppejä ja kokoja sekä taulukoiden rakenteita on esitetty tarkemmissa kuvauksissa.

Viestit ja poikkeustilanteiden hallinta

Ohjelmisto sisältää häiriönhallintajärjestelmän viestejä käyttäjälle kysymyksinä ja ilmoituksina mahdollisista puutteellisista tai virheellisistä toiminnoista. Sovelluksessa esiintyvien suoritusajakaisten virheiden eli poikkeusten hallintaan on ohjelmistossa käytetty Delphin omaa poikkeuskäsittelijää. Tällainen poikkeuskäsittelijä on esim. try...except-lohko, jollaisia ohjelmistossa on käytetty. Esimerkiksi ohjelmistossa on lomakkeiden avaamisen yhteydessä tarkistuksia taulukoiden luoksepäästävydestä, jolloin käyttäjä saattaa saada ilmoituksen 'Tietokantaa ei voida avata'.

Tyypillinen viesti on Poista-näppäimeen kiinnitetty kysymys 'Haluatko poistaa näkyvän tiedon?', johon käyttäjä joutuu vastaamaan ennen poisto-operaatiota. Samaan näppäimeen on liitetty myös ilmoitus 'Tietokanta on tyhjä', jos mitään poistettavaa ei ole.

Ohjelmistossa on käytetty lomakkeille ja taulukoille kahta eri tilaa - muutostila ja lukutila, jotta taulukoihin ei tehtäisi liian helposti turhia tai tarpeettomia muutoksia. Näihin tiloihin on liitetty käyttäjälle viesti, jossa ilmoitetaan mm. seuraavaa 'Tietokanta ei ole muutostilassa'.

Pikanäppäimet

Häiriönhallintajärjestelmässä esiintyvät pikanäppäimet:

Alt +		Ctrl +	
a	Valitse häiriön alkuaika	a	Asetukset
c	Kalenteri	c	Kalenteri
d	Prosessin koodi		
e	Lopeta	e	Lopeta
h	Häiriöt	h	Häiriöt
i	Lisää		
k	Kunnossapito	k	Kunnossapito
k	KpRatkaisu		
l	Häiriön loppuaika		
m	Muuta	m	Määräaikaishuolto
n	Prosessin nimi		
o	Ongelmat	o	Ongelmat
p	Poista	p	Prosessit
r	Prosessit		
s	Sulje	s	Seuranta
t	Tallenna		
u	Peruuta		
x	Prosessihaku	x	Prosessihaku
y	Häiriön syy		
z	Prosessinumero		
ä	Määräaikaishuolto		
ö	Henkilöstö		
Alt + F4	Sulkee lomakkeen		

Häiriönhallintajärjestelmässä esiintyvät funktionäppäimet:

F1	Yleiset ohjeet
F2	Pika-avaimet
F3	Erityisohjeet

Ohjelmiston käännösyksiköiden lähdekooditiedostot

Häiriönhallintajärjestelmän lähdekoodit on kirjoitettu Unixxx.pas-tiedostoihin. Näiden nimet vastaavat lomakkeiden ja taulukoiden nimiä ja ovat seuraavat: UniMain.pas, UniPro.pas, UniPHak, UniHenk.pas, UniHai.pas, UniOng.pas, UniKun.pas, UniMaH.pas, UniSeura.pas ja UniKal.pas.

Ohjelman sisältämiä tarkistuspisteitä

Häiriönhallintajärjestelmän päävalikon sulkeminen lopettaa järjestelmän käytön ja sulkee samalla kaikki lomakkeet. Ohjelman lopettamiseen on kytketty tarkistuksia siitä onko jokin ohjelman sisältämistä taulukoista muutostilassa jolloin samalla varmistutaan mahdollisten muutosten loppuunsaattamisesta. Ohjelman käytön lopetettaessa joko pikanäppäimellä tai päävalikosta ohjelma tarkistaa kaikkien taulukoiden ReadOnly-tilat ja siinä tapauksessa, että jokin taulukko on Edit-tilassa ohjelma avaa ko. lomakkeen ja kehottaa peruuttamaan tai tallentamaan tehdyt muutokset. Tätä ei kuitenkaan tapahdu, jos ohjelma lopetetaan päävalikkolomakkeelta pikanäppäimellä Alt + F4.



Tekijä(t)			
Hyötyläinen, Raimo & Karvonen, Iris			
Nimeke			
Häiriönseurannan organisointi- ja analysointimenetelmät			
Tiivistelmä			
<p>Tutkimushankkeessa on luotu tuotantoautomaatiojärjestelmän häiriönseurantaa ja kehitystoimintaa tukeva menetelmä- ja välinepaketti, johon liittyy myös menetelmien käyttöä edistävät toimintamallit. Menetelmäpaketin avulla tuotantoautomaatio-järjestelmiä käyttävät yritykset kykenevät käynnistämään häiriönseurannan ja sille perustuvan kehitystoiminnan.</p> <p>Osa menetelmäpaketista ja sen välineistä on saatettu tietojärjestelmällä ylläpidettäväksi. Tutkimushankkeessa on rakennettu tietotekninen protojärjestelmä, johon on syötetty aineistoa aikaisemmista tapaustutkimuksista.</p> <p>Kolmen aikaisemman tapaustutkimuksen avulla on analysoitu joustavien valmistusjärjestelmien käyttöönotossa ja käytössä esiintyviä häiriöitä, käyttäjien häiriönhallintaa sekä valmistusjärjestelmän toimintaan kohdistuvaa kehitystyötä.</p> <p>Tutkimushankkeen tulokset sekä kehitetty menetelmä- ja välinepaketti tarjoavat mahdollisuuden jatkossa arvioida häiriönseurannan ja kehitystoiminnan onnistumista yrityksissä sekä kehittää välinepaketin pohjalta uusia yrityskohtaisia sovelluksia sekä ohjelmistotuotteita.</p>			
Avainsanat			
production automation systems, disturbance control systems, development activity, flexible manufacturing systems			
Toimintayksikkö			
VTT Automaatio, Teollisuusautomaatio, Tekniikantie 12, PL 1301, 02044 VTT			
ISBN		Projektinnumero	
951-38-5678-X (nid.)		AUTY9521	
951-38-5679-8 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)			
Julkaisuaika	Kieli	Sivuja	Hinta
Kesäkuu 2000	suomi, engl. tiiv.	91 s. + liitt. 5 s.	B
Projektin nimi		Toimeksiantaja(t)	
Häiriönhallinnan organisointi- ja analysointimenetelmät		Teknologian kehittämiskeskus (Tekes), VTT	
Avainnimeke ja ISSN		Myynti:	
VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes		VTT Tietopalvelu	
1235-0605 (nid.)		PL 2000, 02044 VTT	
1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Puh. (09) 456 4404	
		Faksi (09) 456 4374	

Published by



Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
Phone internat. +358 9 4561
Fax +358 9 456 4374

Series title, number and
report code of publication

VTT Research Notes 2035
VTT-TIED-2035

Author(s) Hyötyläinen, Raimo & Karvonen, Iris			
Title Organizing and analyzing methods for disturbance control			
Abstract <p>In this study disturbance control and development activity based on that are on the focus. The analysis of the results of two case studies done in the study showed that the implementation process of technical change consisted of many disturbance control activities and a serious of problem solving and development steps taken by the user organization and operators. The analysis also confirmed that disturbance control and development activity is a continuous effort in the operation of manufacturing systems. The role of the operators is central in the management of disturbances and initiating development activities. However, the network relations inside the organization support the solving of problems. Many problems have manifold reasons. This kind of problems can only be solved in the cooperation of several functions in the organization. The cooperation in the handling of disturbances and making development activity makes it possible to create integrated problem-solving cycles in the organization, which progresses the efficient disturbance control and development activity in the organization.</p> <p>In this study the organizing and analyzing method for disturbance control is created. The models of action that support the use of the method are also formulated. By the help of this method palette firms using production automation systems are able to start disturbance control and development activity. The method is based on the analysis of three former case studies. In the case studies, disturbances occurring in the implementation and use of flexible manufacturing systems, disturbance control done by the users, and the development activity concerning the activity of the manufacturing system were studied and analyzed during many years in each case.</p> <p>The information system supporting disturbance control and development activity are specified and described in the study. A part of the method palette and its tools are brought into the software system. The system is by its nature proto system. The operation of the system were tested by inserting to it information material from the former case studies the results of which are analyzed in the study.</p> <p>The results of the study and the method and tools palette developed in the study project offer the opportunity to assess the success of the disturbance control and development activity in the firms and to develop new firm specific applications and software systems.</p>			
Keywords production automation systems, disturbance control systems, development activity, flexible manufacturing systems			
Activity unit VTT Automation, Industrial Automation, Tekniikantie 12, P.O.Box 1301, FIN-02044 VTT, Finland			
ISBN 951-38-5678-X (soft back ed.) 951-38-5679-8 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Project number AUTY9521	
Date Juni 2000	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 91 p. + app. 5 p.	Price B
Name of project Häiriönhallinnan organisointi- ja analysointimenetelmät		Commissioned by Technology Development Centre of Finland (Tekes), VTT	
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (soft back ed.) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 9 456 4404 Fax +358 9 456 4374	