

Tuotantotietojen keruu ja hyödyntäminen painotuotteiden valmistuksessa

Asta Bäck, Anneli Karttunen & Mikko Pitkänen

VTT Tietotekniikka



VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS
ESPOO 1996

ISBN 951-38-4908-2

ISSN 1235-0605

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 1996

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 42, 02151 ESPOO
puh. vaihde (90) 4561, telekopio 456 4374, teleksi 125 175 vttin sf

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 42, 02151 ESBO
tel. växel (90) 4561, telefax 456 4374, telex 125 175 vttin sf

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 42, FIN-02151 ESPOO, Finland
phone internat. + 358 0 4561, telefax + 358 0 456 4374, telex 125 175 vttin sf

Bäck, Asta, Karttunen, Anneli & Pietikäinen, Mikko. Tuotantotietojen keruu ja hyödyntäminen painotuotteiden valmistuksessa. Espoo 1996, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita - Meddelanden - Research Notes 1754. 59 s.

UCD 655:655.3.026:519.23

Keywords printing, printers (data processing), printing equipment, production, data, data transmission, neural nets, utilization, statistics, statistical analysis, standardization, standards, graphic

TIIVISTELMÄ

Tuotantotietojen kehittyneet keruu- ja analyysimenetelmät -projektin tavoitteena oli edistää tuotantotietojen hyödyntämistä tilastollisin menetelmin ja tuottaa tietoa suunnittelun ja päätöksenteon pohjaksi graafisen alan tiedonkeruuratkaisuja suunniteltaessa. Tämä VTT Tiedotteita on projektin loppu- ja yhteenvetoraportti.

Raportin alussa on kerrottu yleisesti kappaletavarateollisuuden soveltuvista tuotantotietojen keruumenetelmistä. Sen jälkeen on käyty läpi nimenomaan graafisen alan järjestelmävalmistajien tiedonkeruuseen ja -hyödyntämiseen tarjolla olevia ratkaisuja. Mukaan on pyritty ottamaan toisaalta yleisesti Suomessa käytössä olevien tai muutoin hyvin kehittyneitä ratkaisuja tarjoavien valmistajien tuotteita. Graafiseen alaan liittyviä standardointihankkeita on esitetty melko laajasti. Erityisesti on tuotu esille IFRAtrack, CIP3 ja DMI/LMO, koska juuri tällaisten standardien avulla on mahdollista edetä saarekemaisista ratkaisuista kohti integroitua tuotantoympäristöä, jossa myös tuotantotietojen keruu ja analyysi voidaan tehdä tehokkaasti.

Tuotantotietojen hyödyntämisessä sovellettiin tilastollisia menetelmiä kirjojen valmistuksen materiaalihukan, rotaatiopainokoneiden tuotantonopeuden, rotaatiopainokoneiden kuntoonlaittoaikojen pituuksien ja kirjaprosessin läpimenoaikojen analysointiin. Analyysien avulla etsittiin näitä asioita selittäviä ja ennustavia ominaisuuksia regressioanalyysin avulla. Projektissa kokeiltiin myös neuroverkkojen käyttöä. Ne todettiin tässä käytetyllä aineistolla samanarvoisiksi regressioanalyysin kanssa materiaalihukkaa ennustavana menetelmänä.

Riittävien ja paikkansapitävien tietojen saaminen osoittautui yllättävän työlääksi, vaikka tietoja antaneiden yritysten tietojenkeruujärjestelmät olivat melko kehittyneitä. Ongelmallisia olivat eri järjestelmissä olleiden tietojen yhdistely ja kirjaus-epätarkkuudet erityisesti materiaalinkulutuksessa. Analyysit osoittivat myös, että monet tuotannon tunnusluvut, kuten tuotantonopeus ja kuntoonlaittoaika, eivät noudata normaalijakaumaa, mikä on otettava huomioon tilastollisia menetelmiä sovellettaessa.

Raportti päättyy suositukseen yrityskohtaisista toimista, kehittäessä tuotantotietojen keruuta ja hyödyntämistä. Raportissa on lueteltu analyysien kannalta tärkeimmät tilastolliset menetelmät ja esitetty suuntaviivat alueen tutkimuksellisille jatkotoimille.

ALKUSANAT

Tämä julkaisu on 1.1.1995 - 31.3.1996 tehdyn projektin “Tuotantotietojen kehittyneet keruu- ja analyysimenetelmät” loppuraportti. Käytettyjen tilastollisten analyysimenetelmien soveltamisesta on tehty erillinen ohjekirjatyyppinen julkaisu “Kirjapainojen tuotantotietojen tilastollinen analyysi - Ohjeita analyysien suorittajalle”, VTT Tiedotteita 1753. Projektin rahoituksesta vastasivat VTT:n lisäksi TEKES ja projektin johtoryhmässä mukana olleet yritykset.

Projekti tarkasteli tuotantotietojen keruuta ja analysointia nimenomaan graafisen alan näkökulmasta. Projekti toteutettiin VTT Tietotekniikan painoviestinnän tutkimusalueella. Projektipäällikkönä toimi erikoistutkija Asta Bäck. Tilastollisten analyysien suunnitteluun ja suoritukseen osallistuivat hänen lisäkseen dipl.ins. Mikko Pitkänen (materiaalihukka, neuroverkot) ja dipl.ins. Marjo Lehtovaara (läpimenoajat). Tutkija Anneli Karttunen suoritti pääosin tiedonkeruumenetelmiin ja -järjestelmiin liittyvän aineiston kokoamisen ja raportoinnin.

Projektia ohjasi johtoryhmä, johon kuuluivat

Toimitusjohtaja Asko Liippala	Gummerus Kirjapaino Oy
Toimitusjohtaja Antti Mattila	Grafi-Data Oy
Kirjapainonjohtaja Vuokko Väkiparta	Otava Oy
Apulaisjohtaja Tapani Säynevirta	Werner Söderström Oy
Projektipäällikkö Eero Silvennoinen	TEKES
Ryhmäpäällikkö Helene Juhola	VTT Tietotekniikka

Mukana olleiden yritysten aktiivinen osallistuminen teki projektin toteutuksen mahdolliseksi. Projektiryhmä haluaa osoittaa parhaat kiitokset johtoryhmälle sen arvokkaasta panoksesta projektin toteuttamisessa.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	7
2 TIEDONKERUU JA AUTOMAATTINEN TUNNISTUS	8
2.1 Tiedonkeruun toimintotyypit	8
2.2 Tiedonkeruun liittynät muihin tietojärjestelmiin	9
2.3 Tiedonkeruun järjestelmätyypit	10
2.4 Tiedon tunnistusmenetelmät	13
2.4.1 Viivakoodit ja glyyfit	13
2.4.2 Muut tunnistustekniikat	15
3 GRAAFISEN ALAN UUSIA RATKAISUJA JA TIEDONSIIRTOSUOSITUKSIA	17
3.1 Prepress	17
3.1.1 Yleistilanne	17
3.1.2 Suosituksia ja standardiluonnoksia	17
3.1.2.1 IFRAtrack	17
3.1.2.2 JobMonitor Protocol	19
3.1.3 Valmistajien ratkaisuja	22
3.2 Paino- ja jälkikäsittelyvaiheet	24
3.2.1 Yleistilanne	24
3.2.2 Suosituksia ja standardiluonnoksia	25
3.2.2.1 CIP3	25
3.2.2.2 DMI/ LMO	28
3.2.3 Valmistajien ratkaisuja	30
3.2.3.1 Heidelberg - Data Control	30
3.2.3.2 KBA - OPERA	32
3.2.3.3 Komori - KMS III	32
3.2.3.4 MAN Roland - Pecom	33
3.2.3.5 Jälkikäsittelyn koneet	34
4 TUOTANTOTIETOJEN ANALYSOINTI TILASTOLLISIN MENETELMIN	36
4.1 Analyysien tavoitteet	36
4.2 Tilastollisten menetelmien soveltaminen	37
4.2.1 Lähtötietojen hankinta ja yleishavainnot aineistosta	37
4.2.2 Esimerkkianalyysit ja ennustavien ja selittävien regressioyhtälöiden laatiminen	41
4.2.2.1 Materiaalihukka	41
4.2.2.2 Rotaatiopainokoneen nettotuotantonopeuden ennustavat regressioyhtälöt	44
4.2.2.3 Läpimenoajat	46
4.3 Neuroverkkojen soveltaminen	48

4.3.1 Taustaa ja teoriaa.....	48
4.3.2 Neuroverkko-ohjelmalla saadut tulokset	50
5 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	53
LÄHDELUETTELO	58

1 JOHDANTO

Vaatimukset tuotannon tehokkuudelle, nopeudelle ja täsmällisyydelle lisääntyvät jatkuvasti. Yhtenä vaatimukseen vastaamisen keinona on ollut tiedonkeruun käyttöönotto, joka on ollut graafisen alan yrityksissä ripeää viime vuosikymmenen aikana. Tiedonkeruujärjestelmät ovat olleet suurelta osin erillisjärjestelmiä, joihin on kerätty tietoa viivakoodien ja jonkin verran myös anturien avulla. Tiedonkeruujärjestelmien käyttöönotolla on tavoiteltu prosessien ja tekeillä olevien töiden seurannan tehostamista. Muita tärkeitä motiiveja ovat olleet töiden kustannusrakenteen tarkka selvittäminen ja palkanmaksun pohjaksi saatavien tietojen kerääminen. Kerättyä tietoa hyödynnetään kuitenkin usein suppeasti. Yritysten työntekijöillä ei ole aikaa analysoida ja hyödyntää kerättyjä tietoja yksityiskohtaisesti.

Graafisen alan prosesseista ja tuotannosta kerättävä tieto on tyypillisesti tapahtuman kestoon liittyvää (alku-, loppu- ja kestoajat), tuotannon nopeutta ja kappalemäärää kuvaavaa sekä itse tapahtuman sisältöä kuvaavaa tietoa (kuntoonlaitto, tuotanto, häiriöt). Kerättävä tieto tekee mahdolliseksi prosessien suorituskyvyn analysoinnin, suunnittelutarkkuuden parantamisen, tuotannonohjauksen reaaliaikaistamisen ja nopeamman reagoinnin muutoksiin.

Tässä raportoitavan projektin käynnistämiseen johtivat yritysten kanssa käydyt keskustelut siitä, että kerättyä tietoa tulisi voida hyödyntää nykyistä laajemmin ja helpommin. Myös tuotannon tietojärjestelmien kehittyminen tarjoaa aiempaa parempia mahdollisuuksia tarkentaa tietojärjestelmien prosessikuvauksia ja käyttää tätä tietoa hyväksi erilaisissa suunnittelu- ja päätöksentekotilanteissa. Lisäksi tiedonkeruumenetelmien nykytilasta ja kehitysnäkymistä on kaivattu systemaattista tietoa, jolloin näkökulmana on erityisesti graafisen alan nykyiset ja ennakoitavissa olevat tarpeet.

Alunperin **projektin tavoitteeksi** kirjattiin sellaisten ohjelmistomoduulien tuottaminen, joilla voidaan analysoida tuotannosta kertyvää mittaus- ja tapahtumatietoa ohjaus- ja kehitystoimien tueksi. Projektin keskeiseksi ja tutkimukselliseksi osaksi nähtiin analyysimenetelmiin liittyvä määritys- ja kehitystyö, joka kytkee analyysit todellisiin tuotantoprosesseihin ja niistä saataviin tietoihin. Projektin toivottiin tuottavan myös tietoa tiedonkeruun ja analyysimenetelmien panos-hyötysuhteesta.

Projektin kuluessa luovuttiin valmiiden ohjelmistomoduulien tuottamistavoitteesta, koska nähtiin tarjolla olevien tilastollisten ohjelmien tarjoavan edulliset ja monipuoliset keinot tietojen tilastolliseen analyysiin. Analyysimenetelmistä projektin tulisi tuottaa suosituksia ja ohjeita siitä, mitä tietoa kannattaa kerätä, miten tietoa kannattaa analysoida ja miten saatuja tuloksia voidaan hyödyntää. Projektin tulokset on varsinaisesti esitelty tässä raportissa. Käytettyjen analyysimenetelmien soveltamisesta on tehty erillinen ohjekirjatyypinen julkaisu "Kirjapainojen tuotantotietojen tilastollinen analyysi - Ohjeita analyysin suorittajalle" VTT Tiedotteita -sarjaan.

2 TIEDONKERUU JA AUTOMAATTINEN TUNNISTUS

2.1 TIEDONKERUUN TOIMINTOTYYPIT

Tuotantotiedon kerääminen vaatii **tapahtuman, ilmiön tai ominaisuuden tunnistamista tai mittaamista**. Lisäksi tiedonkeruuseen liittyy usein rekisteröinti eli se, että jokin tieto sinänsä on milloin tahansa tiedonkeruujärjestelmän luettavissa, mutta kirjautuu vasta jonkin ulkoisen tapahtuman käynnistämänä järjestelmään. Aika on tyypillinen tällainen tieto. Toinen yleinen esimerkki on kappalemäärä eli koneen laskurit laskevat jatkuvasti kappalemäärää ja laskurin lukema rekisteröidään määriteltyjen tapahtumien yhteydessä.

Tuotantotietojen keruuseen liittyviä tunnistettavia asioita ovat ennen kaikkea tehtävä työ ja kone tai järjestelmä sekä koneen tila tai koneella tehtävä toiminta. Tehtävä työ voidaan tunnistaa joko välillisesti tai suoraan sen itsensä sisältämän tiedon perusteella. Jos työntekijä syöttää työn tunnistetiedon järjestelmään esimerkiksi työmääräimessä olevan viivakoodin avulla, kyse on epäsuorasta tunnistamisesta. Jos sitä vastoin esimerkiksi jokaisessa arkissa on viivakoodi tai vastaava merkintä, joka luetaan automaattisesti sitä mukaa, kun työ etenee prosesseissa, työ itse "kertoo" oman identiteettinsä. Mitä digitaalisempi prosessi on, sitä enemmän töitä ja työvaiheita tunnistetaan niiden itsensä sisältämän ja kertoman tiedon perusteella.

Koneiden tilan tarkka seuranta vaatii monipuolista anturointia ja koneenkäyttäjien antamia lisätietoja toiminnan tyypistä tai molempia. Esimerkiksi, tehdäänkö kuntoonlaittoa vai onko hyväksytyn tuotannon tekeminen aloitettu. Koneen perustilan (käynnissä vai pysähtynyt) automaattinen tunnistaminen on suhteellisen helppoa anturoinnin tai koneen ohjauslogiikan kautta. Häiriöt voidaan usein vielä paikallistaa, siihen koneen osaan, jossa tuotannon keskeyttävä häiriö tapahtui. Sitä vastoin häiriöiden syyt eivät ole kovin yksinkertaisin keinoin tunnistettavissa.

Työn tilan tunnistaminen tapahtuu tiedonkeruujärjestelmissä tyypillisesti epäsuorasti eli työn tila päätellään sen perusteella, missä työ kulloinkin on tai on viimeksi ollut. Työllä on valmistuksen hallinnan kannalta kaksi erityyppistä tilaa: valmistuksen tila (esimerkiksi painettu) ja valmistusaikatauluun liittyvä tila eli onko työ etuajassa, aikataulussa vai myöhässä. Jälkimmäisen tilan selvittäminen edellyttää, että tuotteen valmistukselle on tehty aikataulu, johon vertaillaan työn valmistumisvaihetta ja ajankohtaa tarkasteluhetkenä.

Tyypillisin paino- ja jälkikäsitteilyprosesseista kerättävä mittaustieto on kappalemäärä. Itse kappalelaskenta on tehtävissä suhteellisen yksinkertaisesti ja luotettavasti, mutta jos halutaan erotella hyväksytyt ja hylätyt tuotanto toisistaan, asia ei enää olekaan yhtä yksinkertainen. Ensinnäkin kelvollisen ja huonon laadun erotte-

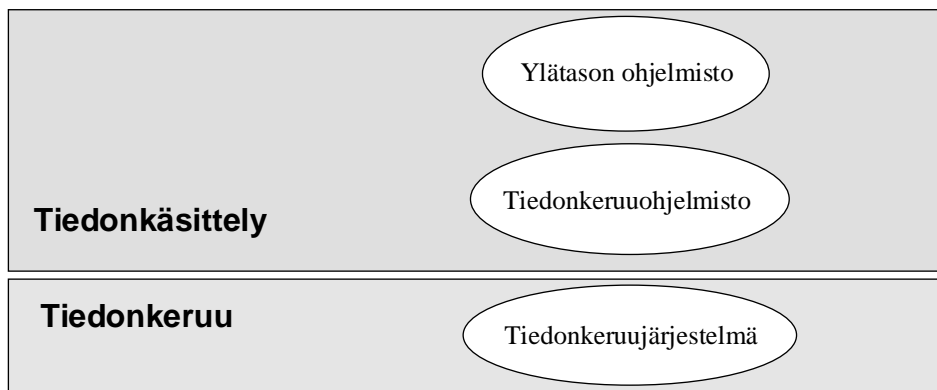
lu voi olla työn suorittajan subjektiivisen arvion varassa ja väärät arviot voivat paljastua vasta seuraavissa vaiheissa, ehkä vasta asiakkaan luona. Toinen ongelma on, että hyvien ja huonojen kappaleiden erottelua ei kaikissa koneissa tehdä aina-kaan ennen laskuria.

Erityisesti painovaiheeseen liittyy kappalemäärän ohella monia muitakin tietoja, joita voitaisiin mitata, ja mitataankin. Näitä tietoja käytetään ensisijaisesti prosessin säätämiseen ja ohjaamiseen. Tiedonkeruujärjestelmää ja sen laajuutta pohdittaessa onkin otettava kantaa siihen, mitkä asiat kuuluvat varsinaisiin prosessien ohjausjärjestelmiin ja niiden puitteissa tehtäviin analyyseihin ja mitkä tiedot kuuluvat yleisemmin tuotantoprosessien hallintaan ja ohjaukseen.

Seuraavaksi tarkastellaan tiedonkeruujärjestelmiä ja -menetelmiä riippumatta toimialasta ja lähinnä niitä tilanteita ajatellen, joissa kerätään tietoa fyysisistä kappaleista. Sen jälkeen tarkastellaan tiedonkeruuseen ja järjestelmien väliseen tiedon- siirtoon liittyviä kysymyksiä graafisen alan ja sen uusimman kehityksen näkökul- masta.

2.2 TIEDONKERUUN LIITYNNÄT MUIHIN TIETOJÄRJESTEL- MIIN

Tiedonkeruun kokonaisjärjestelmä voidaan jakaa varsinaiseen tiedonkeruuseen ja tiedonkäsittelyyn (Kuva 1). Tiedonkäsittely voi koostua useammasta eri tasosta, joita ovat varsinainen tiedonkeruuhjelmisto ja yrityksen muut tietojärjestelmät, esimerkiksi henkilöstöhallinnon järjestelmät.



Kuva 1. Tiedonkeruun järjestelmähierarkia.

Tiedonkeruun ja tiedonkäsittelyn rajapintaa voidaan tarkastella ohjelmalliselta tai fyysiseltä kannalta. Ohjelmallinen rajapinta voi olla

- **laiteportti**, johon tiedonkeruulaitteisto on liitetty, esimerkiksi RS232-sarjaportti tai lisäkortin osoite. Tällöin kommunikointi tiedonkeruujärjestelmän kanssa on mahdollisimman reaaliaikaista, mutta sovellusohjelman on osattava keskustella tiedonkeruujärjestelmän ohjauskomentojen ja kommunikointiprotokollan avulla.
- **dynaaminen linkki**, jolloin sovellusohjelma ja tiedonkeruun kommunikointiohjelma välittävät sanomia ohjelmasta ohjelmaan (Windows DDE, Unix PIPE). Tämä vaihtoehto on lähes yhtä reaaliaikainen. Se vaatii kuitenkin, että tiedonkeruujärjestelmään kuuluu myös isäntäkoneessa käytettävä kommunikointirutiini, joka tuottaa sanomat ohjelmien välisiin sanomalinkkeihin.
- **peräkkäistiedosto (ASCII)**, jonka tiedonkeruujärjestelmä on tuottanut kerätystä tiedosta tietokoneen kovalevylle. Sovellusohjelma käyttää tätä tiedostoa syöttötietona itselleen. Vaihtoehto on kaikkein yksinkertaisin toteuttaa, mutta sen haittana on eräajopohjaisuus. Eräajojen tiheydestä riippuu kuinka lähelle reaaliaikaisuutta päästään.
- **tietokantataulukko**, johon tiedonkeruujärjestelmä tuo kerätyn tiedon. Tämä taulukko on yhteinen sovellusohjelmien kanssa, ja ne käyttävät tietoja edelleen omiin tarpeisiinsa. Tässä vaihtoehdossa ohjelmallinen rajapinta ulottuu kauimmaksi, ja järjestely on lähes yhtä reaaliaikainen kuin kaksi ensimmäistä vaihtoehtoa, mutta se antaa paljon laajemmat mahdollisuudet kehittää erilaisia sovelluksia, jotka hyödyntävät yhteiseen tietokantaan kerättyä tietoa.

Fyysiset rajapinnat järjestelmien välillä ovat yleensä tietokoneen eri laiteporteja. Useimmiten tieto syötetään joko sarjaportin tai näppäimistöön liitetyn sovittimen kautta. Myös tietokoneen väylä (lisäkortti), paikallisverkko tai kirjoitinportti voivat olla laitteistorajapintoja.

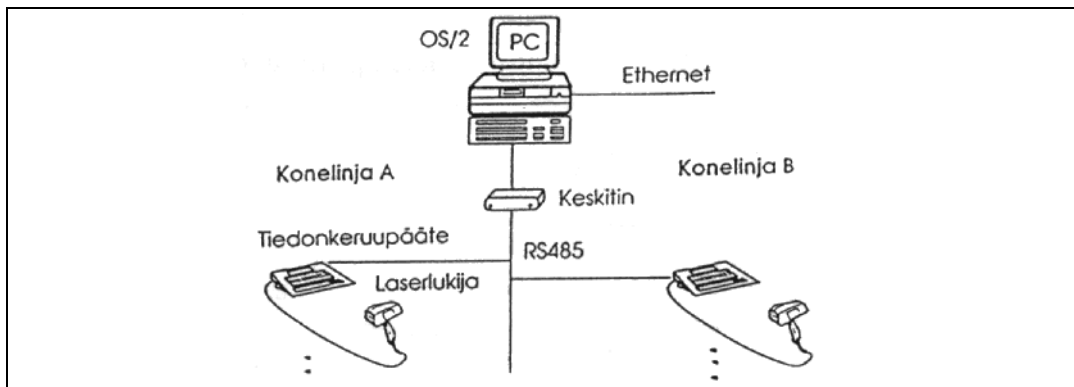
2.3 TIEDONKERUUN JÄRJESTELMÄTYYPIT

Tiedonkeruujärjestelmän rakennetta voidaan tarkastella usealta eri taholta, ja se voidaan rakentaa monella eri tavalla ja eri laitteistoarkkitehtuurilla sovelluskohteen mukaan. Seuraavassa järjestelmätyyppejä on tarkasteltu laitteistoarkkitehtuurin kannalta (AEL-Insko 1995) eli minkä tyyppisillä laitteilla tietoa työpisteissä kerätään.

PC-pohjaiset järjestelmät sisältävät yksinkertaisimmillaan tietokoneen lisäksi siihen liitetyn viivakoodilukijan. Järjestelmässä voi toki olla muitakin oheislaitteita ja erillisiä tunnistelukijoita, mutta tällä luokituksella tarkoitetaan, että mainitut laitteet ja tiedonkeruuhjelmisto muodostavat koko järjestelmän. Tällaiset järjestelmät sopivat hyvin silloin, kun tiedonkeruu on vuorovaikutteista ja siinä tarvitaan runsaasti palautetietoa, esimerkiksi ohjeita ja kuvia, jolloin PC:n graafiset käyttöliittymät ovat käytännöllisiä. PC-pohjaisen järjestelmän ainoa rajoitus on, ettei se sovellu kohteisiin, joissa on likaa, pölyä, kosteutta tai haitallisia kemikaaleja.

PC-pohjainen tiedonkeruujärjestelmä voidaan rakentaa myös anturoimalla seurattava kone tarvittavin osin ja kokoamalla kertyvä tapahtumatieto mikrotietokoneeseen. Tällaista tiedonkeruuratkaisua käytettiin projektissa “Materiaalinkäsittelyn ja kuljetuksen automatisointi kirjapainoympäristössä” (Juhola & Korpiharju & Kuusisto & Vainikainen 1996) ja siitä saatiin varsin lupaavia kokemuksia. Vastaava ratkaisu voisi toimia myös yrityksen pysyvien tiedonkeruujärjestelmien tukena: tietty kone otetaan tällaiseen tarkennettuun seurantaan muutamaksi kuukaudeksi luotettavan ja yksityiskohtaisen tiedon saamiseksi sen toiminnasta. Kerättyjen tietojen ja yhdistettävissä olevien muiden tietojen, kuten töiden ominaisuustietojen, sallimissa puitteissa voidaan sitten analysoida vaiheen suorituskyky ja siihen vaikuttavat tekijät. Seurantajakson jälkeen vaiheessa voidaan siirtyä tavanomaiseen, normaalirutiinien edellyttämään tiedonkeruuseen. Seuranta voidaan myöhemmin uusia, jos prosessiin tehdään muutoksia tai jos perustiedonkeruu indikoi, että prosessin suorituskyky on muuttunut.

Erillisellä järjestelmällä tarkoitetaan tässä kokonaisuutta, jossa varsinainen tiedonkeruu tapahtuu tiedonkeruupäätteillä (ei PC). Tämä ei tarkoita, etteikö PC:tä käytettäisi järjestelmän ylemmissä osissa esimerkiksi prosessoimaan kerättyä tietoa, joka sitten edelleen lähetetään ylätason tietojärjestelmään (vrt. Kuva 2). Erillinen järjestelmä koostuu siis järjestelmää hallitsevasta keskittimestä, tiedonkeruupäätteistä tunnistelukijoineen ja muista oheislaitteista sekä tarvittavista kaapeloinneista tai radioverkosta. Keskitin huolehtii kommunikoinnista ulkopuolisen tietojärjestelmän kanssa ja siirtää päätteiltä kerätyn tiedon eteenpäin. Erillinen järjestelmä pystyy tarvittaessa toimimaan ilman jatkuvaa yhteyttä tietojärjestelmään. Keskittimet ovat yleensä kuhunkin järjestelmäkokonaisuuteen vartavasten rakennettuja ja suunniteltuja ja myös toiminnaltaan luotettavia. Yleisimmin tällaisia järjestelmiä rakennetaan teollisuustuotannon seurantaan ja ohjaukseen.



Kuva 2. Tiedonkeruujärjestelmä paperirullien käytön ja tuotannon häiriöiden seurantaan sanomalehtipainossa (Finn-Identification Oy).

Logiikoita käytetään esimerkiksi prosessinohjauksessa tuotantokoneeseen liittyvässä, usein ohjelmoitavassa ohjausautomaatiikassa. Ne pystyvät joskus palvelemaan myös käyttäjiensä tiedonkeruutarpeita. Logiikat integroidaan yleensä itse tuotantokoneeseen, ja niitä käytetään tuotantoprosessin ohjaukseen, jolloin myös

toiminnallinen takaisinkytkentä on sisäänrakennettu. Logiikat tuottavat lähinnä tilastotietoa tapahtuneesta, eikä vuorovaikutteisuus yleensä kuulu niiden vahvoihin ominaisuuksiin (AEL-Insko 1995).

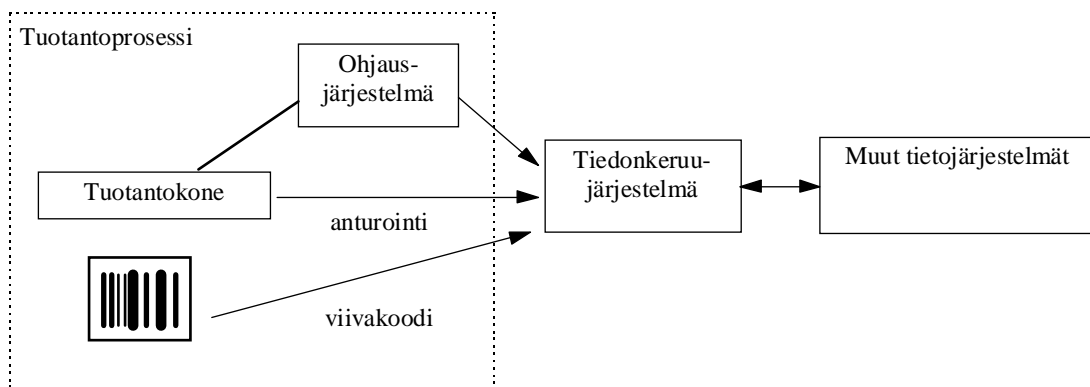
Tiedonkeruu liitetään tuotantoprosessiin ja käyttäjiin tiedonkeruuverkkoon liitettävillä päätteillä ja erilaisilla automaattisilla tunnistusmenetelmillä. **Tiedonkeruupäätteet** voivat olla

- kannettavia, pieniä käteen sopivia laitteita, joiden muistikapasiteetti on jopa muutamia megatavuja. Ne ovat ohjelmoitavia (DOS), ja niissä on näppäimistön lisäksi usein mukana sisäänrakennettu laserlukija tai ulkoinen lukija viivakoodien lukuun. Näissä käsitetokoneissa voi olla myös RS232-tiedonsiirtoliityntämahdollisuus. Kerätty tieto lähetetään isäntäkoneelle erillisenä eräajona tai reaaliaikaisena radioliikenteen avulla. Radioliikenteen käyttö on luvanvaraista ja vaatii lisälaitteita, joten sitä käyttävät tiedonkeruujärjestelmät ovat paljon kalliimpia kuin muut laiteratkaisut.
- kiinteästi sijoitettavia pieninäyttöisiä tiedonkeruupäätteitä, VDU-päätteitä tai tavallisia PC-tietokoneita, joissa on usein myös reaaliaikainen kaksisuuntainen yhteys isäntäkoneeseen.
- tavallisia näppäinpuhelimia, jolloin tiedonkeruujärjestelmä ottaa vastaan näppäimistöltä annettuja signaaleja.

Kerättävä tieto on tyypiltään numeerista, alfanumeerista, analogista tai digitaalista, ja se voidaan useimmin saada tietojärjestelmään

- viivakoodin tai magneettikortin avulla,
- suoraan koneilta analogisina tai digitaalisina signaaleina,
- näppäimistön avulla tai
- RS232C ja RS422-liittymien avulla.

Kuva 3 havainnollistaa tiedonkeruun eri menetelmiä.



Kuva 3. Tiedonkeruutavat tuotannosta.

2.4 TIEDON TUNNISTUSMENETELMÄT

2.4.1 Viivakoodit ja glyyfit

Tunnistusmenetelmistä yleisimmin käytettyjä ovat erilaiset viivakoodit, koska ne ovat selkeitä ja yksinkertaisia tuottaa ja käyttää. Yleisimmät standardoidut viivakoodityypit ovat EAN-13, Code 128, CODE39 ja Interleaved 2/5 (Kuva 4). Tavallisen viivakoodin luku perustuu optisiin laitteisiin ja tapahtuu joko kosketuksellisesti esim. valokynän avulla tai kosketuksettomasti lasersäteellä.



Kuva 4. Esimerkkejä viivakoodista.

Jo muutaman vuoden ajan on kehitelty uudentyyppisiä viivakodeja, joilla on huomattavasti enemmän ominaisuuksia perinteisiin viivakodeihin nähden. Pyrkimys on ollut saada tallennetuksi itse koodiin enemmän tietoa kuin on mahdollista tavallisissa ns. yhden rivin koodissa. Toinen etu uudella **kaksiulotteisella viivakoodilla** on sen parempi tietosuoja. Siinä ei kulje mukana numeroriviä, ja koska se sisältää jo valmiiksi enemmän tietoa, ei aina tarvita tietojen etsintää ulkopuolisista tietokannoista. Perinteisiä viivakodeja kutsutaan usein avaimiksi, koska ne mahdollistavat pääsyn ulkopuoliseen tietokantaan, josta on haettava lisäinformaatiota kulloisenkin toimenpiteen suorittamiseksi viivakoodin oman tietosisällön pienuuden vuoksi.

Kaksiulotteisia viivakodeja on olemassa kahdenlaisia: pinottuja viivakodeja ja matriiseja. **Pinotuilla lineaarisilla viivakodeilla** tietomäärän lisäys saavutetaan pinoamalla viivakodeja päällekkäin. Näistä esimerkkejä ovat Code 49 ja Code 16K (Kuva 5). Tämän tyyppisten koodien huonona puolena pidetään sitä, että ne pystyvät tarkistamaan, mutta eivät korjaamaan virheitä.

Yksi kehittyneimmistä kaksiulotteisista viivakodeista on Symbol Technologyn kehittämä PDF417 (PortableDataFile), jonka ominaisuuksia ovat 2500 merkin tietosisältö, tiiviys ja hyvä virheiden korjaus. PDF417:llä voi koodata myös binääristä tietoa, esimerkiksi valokuvia. Koodi soveltuu käytettäväksi erityisesti EDI-tyypissä ratkaisussa, joissa lähetysluettelot tai muut vastaavat asiakirjat on tulostettu PDF-koodilla. Myös henkilöllisyyskortissa ja kulunvalvonnassa se on hyvin käytökelpoinen.



Kuva 5. Esimerkkejä kaksiulotteisista viivakoodeista.

Matriisikoodit eroavat lineaarisista koodeista siinä, että niitä voidaan lukea useasta eri suunnasta. Suuren tietomäärän ja monisuuntaisen lukumahdollisuutensa takia matriisikoodit sopivat hyvin sovelluksiin, joissa tarvitaan paljon tietoa pienessä tilassa tai jotka vaativat suuria nopeuksia. Koodien luetaan tarvitaan kuvankäsittelypohjainen kameratyyppinen lukija. Luetaan sopivia kiinteitä laitteita on jo saatavilla, mutta toistaiseksi kannettavat versiot puuttuvat, mikä omalta osaltaan on hidastanut näiden koodien käyttöönottoa. Tällaisia koodityyppejä ovat esimerkiksi Code One, Data Matrix, Vericode ja Maxicode (Kuva 5).

Viivakoodit pystytään tuottamaan lähes kaikissa nykyisissä DTP-ohjelmistoissa. Esimerkiksi WINDOWS-käyttäjille on olemassa erillisiä viivakoodeja tuottavia ohjelmistoja, tai suoraan MS-Word 6-tekstinkäsittelyohjelmaan (WINDOWS tai Mac) on mahdollista hankkia ns. viivakoodifontteja, joilla koodien tekeminen on yksinkertaista.

Viivakoodien tulostamiseen on tarjolla monia valmiita tulostuslaitteita, joiden tekniikka perustuu joko matriisi-, lämpö-, lämpösiirto-, laser- tai mustesuihkukirjoittimeen. Tietenkin ne on mahdollista tulostaa myös tavallisilla toimistokäyttöön tarkoitetuilla laserkirjoittimilla tai valoladontalaitteilla, joiden molempien tulostusjälki on erittäin hyvä. Myös lämpö- ja lämpösiirtokirjoittimilla saadaan hyvälaatuisia koodeja. Viivakoodien laadun tarkistamiseen on tarjolla erilaisia mittalaitteita.

Viivakoodeja hyödyntävän tiedonkeruujärjestelmän hankintakustannukset riippuvat siitä, kuinka laaja järjestelmä on ja kuinka paljon erilaisia laitteita tarvitaan. Liittynyt yrityksen omiin tietojärjestelmiin ja valittu ratkaisutapa vaikuttavat suuresti tehtävän työn määrään. Tiedonkeruujärjestelmä on aina tilaajan tarpeisiin räätälöity tuote. Erään järjestelmätoimittajan mukaan karkea lähtöhinta-arvio tiedonkeruujärjestelmille on 100 000 mk. Tässä arviossa on käytetty seuraavia yksikköhinta-arvioita: tiedonkeruupäätte viivakoodikynä-liitännällä 10 000 mk, keskitin 7 000 mk, verkko-ohjelmisto 30 000 - 50 000 mk (ei sisällä PC:tä), prosessin hienokartoitus 3 ja koulutus 2 - 3 päivää. Lisäksi tarvitaan yleensä vielä kaapelointityö, mikä nostaa kustannuksia.

Tiedonkeruujärjestelmiä toimittavia yrityksiä Suomessa on useita. Grafi Data Oy on graafisen alan tiedonkeruujärjestelmien johtava toimittaja. Muita ovat Finn-ID, ID-Systems, Juha-Viivakoodi Oy, Tecnomen Solution Systems ja Tietovoima Oy

Barcode-liiketoiminta. Lisäksi maassamme toimii AIM Finland automaattisen tunnistuksen yhdistys, jolla on 16 jäsenyritystä.

Viivakoodit eivät ole ainoa mahdollisuus sisällyttää automaattisesti luettavissa olevaa digitaalista informaatiota paperidokumenttiin. Muita mahdollisuuksia on esimerkiksi Rank Xeroxin julkistama **glyyfitekniikka**. Glyyfit ovat pieniä kautta- tai kenoviivoja, kenoviivalla merkitään nolla ja kauttavivalla yksi. Koodimerkin minimikoon määrittelee käytettävissä oleva tulostustekniikka, pienimmillään merkit voidaan muodostaa kolmesta toistettavissa olevasta pikselistä. Pienen kokonsa vuoksi glyyfit antavat tulosteeseen sijoitettuna harmaan vaikutelman eivätkä ole häiritseviä. Esimerkiksi harmaalta näyttävään koristepalkkiin voidaan koodata tietoa useiden kilotavujen verran. Glyyfit vaativat erikoislaitteet: sovelluskehittimen niiden tuottamiseen ja skannerin niiden lukemiseen. Glyyfitekniikalla on monia eri sovellusmahdollisuuksia, joista ehkä tärkeimpiä ovat asiakirjojen oikeellisuuden tunnistaminen ja väärennösten automaattinen toteaminen. Painotuotteiden valmistuksessa paperille voitaisiin koodata glyyfeillä tuotantoa ohjaavia tietoja, kuten värimäärittelyjä sekä tulostus- ja jälkikäsittelylaitteiden ohjauksia. (Hecht 1994, Nenonen 1995)

2.4.2 Muut tunnistustekniikat

Muita automaattisen tunnistamisen tekniikoita on useita. Joukkoon kuuluu monia hyvinkin erityyppisiä menetelmiä merkintunnistuksesta puheentunnistukseen. Seuraavassa kuvataan lyhyesti näitä menetelmiä.

Elektronisissa saattomuisteissa (tagit), kohteeseen kiinnitettyyn saattomuistiin voidaan tallentaa tietoa ja muuttaa sitä. Jos saattomuistin ja lukuaseman (lähetin tai vastaanotin) välinen tiedonsiirtotapa perustuu induktioon, puhutaan passiivisesta saattomuistista. Lukuetaisyys on lyhyt, vain 10 - 50 cm. Saattomuisteja käytetään etäkorteissa, kulunvalvonnassa, varkaudenestojärjestelmissä ja kokoonpanotuotannossa. Radiotaajudella toimivilla saattomuisteilla on pitemmät lukuetaisyudet, 1 - 5 m, ja niissä on luku- ja kirjoitusmahdollisuus. Saattomuistin tyypillisiä käyttökohteita ovat ajoneuvojen kulunvalvonta, eläinseuranta, konttiseuranta ja kokoonpanotuotanto. Kajaanin paperitehtaassa ja ESA-kirjapainossa Lahdessa on meneillään kokeilu saattomuistien käytöstä paperirullissa (AEL-Insko 1995).

Älykortit (Smart Cards) sisältävät muistipiirin, johon voi varastoida suuriakin tietomääriä, niitä ovat esimerkiksi puhelinkortit. **Optisessa merkintunnistuksessa** (OCR) luetaan optisella lukulaitteella selväkielistä, usein tietyllä merkkityyppillä kirjoitettua tekstiä.

Magneettista mustetta voidaan käyttää sekkiä ja muiden pankkidokumenttien kirjoittamisessa, kun halutaan suojata dokumentit väärennökseltä (magneettisuus ei siirry kopioitaessa). Lukemiseen tarvitaan erikoislukija. **Magneettiraitaa** (Magnetic Stripe) käytetään lähinnä kulunvalvontaan sekä luotto- ja pankkikortteissa ja matkalipuissa.

Hahmontunnistus eli konenäkö käyttää kameratekniikkaa, ja sitä käytetään lähinnä laaduntarkkailussa ja lajittelussa. **Äänentunnistuksella** (Voice Recognition) tunnistetaan joko henkilöllisyys turvajärjestelmissä tai sanat puheentunnistusta käyttävissä laitteissa. **Biometrinen tunnistus** (Biometric Recognition) tarkoittaa henkilöiden yksilöllisten ominaisuuksien tunnistamista, esim. sormenjalkia tai äänikuvaa.

Tuotantotietoa voidaan kerätä myös erilaisilla **antureilla ja mittalaitteilla** suoraan koneilta, esimerkiksi kappalemääriä, koneen käyntinopeutta ja -aikaa sekä asentotunnistus. Taulukossa 1 on esitetty eri tiedonkeruumenetelmien vertailu.

Taulukko 1. Tiedonkeruumenetelmien ominaisuuksien vertailua (AEL-Insko 1995).

Menetelmä	Ominaisuus							
	Toimivuus vaikeissa olosuhteissa	Tiedon-syötön nopeus	Hinta	Tietosisällön muuttaminen mahdollista	Tarkka paikoitus	Lukuetäisyys noin	Tietomäärä/ koodi tai tunniste	Visuaalinen luettavuus
Viivakoodit	Huono	Hyvä	Edull.	Ei	Ei	0-5 m	Pieni	Kyllä
Saattomuistit	Hyvä	Hyvä	Kallis	Kyllä	Ei	0-5 m	Suuri	Ei
Magneetikortit	Huono	Kohtalainen	Keskin-kert.	Kyllä	Kyllä	0	Kohtalainen	Ei
Älykortit	Huono	Kohtalainen	Kallis	Kyllä	Kyllä	0	Suuri	Ei
Puheentunnistus	Hyvä	Huono	Kallis	Ei	Ei	0-1 m	Pieni	(Kyllä)
Konenäkö	Kohtalainen	Hyvä	Kallis	Ei	Kyllä	0-1 m	Pieni	Kyllä
Sormenjalkien tunnistus	Kohtalainen	Kohtalainen	Kallis	Ei	Kyllä	0	Pieni	(Ei)
Optinen merkintunnistus	Huono	Kohtalainen	Keskin-kert.	Ei	Kyllä	0	Pieni	Kyllä
Anturit	Hyvä	Hyvä	Keskin-kert.	Ei	(Ei)	0-1 m	(Kohtalainen)	(Ei)
Näppäimistö	Kohtalainen	Huono	Keskin-kert.	(Ei)	Ei	0	(Kohtalainen)	(Kyllä)

3 GRAAFISEN ALAN UUSIA RATKAISUJA JA TIEDONSIIRTOSUOSITUKSIA

Seuraavassa on tarkasteltu tiedonkeruuseen ja tiedonsiirtoon liittyviä asioita niiltä osin, kuin graafisen alan järjestelmien ja koneiden valmistajat tarjoavat. Esitys ei kata kaikkia valmistajia, sillä mukaan on otettu esimerkkejä ennen kaikkea yleisesti Suomessa käytettävien tai muutoin hyvin kehittyneitä ratkaisuja esitelleiden valmistajien tarjonnasta. Julkistetut, järjestelmien välistä tiedonsiirtoa edistävät standardiluonnokset on pyritty esittämään kohtuullisen tarkasti.

3.1 PREPRESS

3.1.1 Yleistilanne

Viimeisen runsaan kymmenen vuoden aikana prepress-alueen merkittävä kehitys on ollut valmistuksen digitalisoituminen, jolloin fyysisessä muodossa olevan aineiston seuranta ja ohjaus on häviämässä. Tällaisessa ympäristössä tiedonkeruu erillisillä tiedonkeruujärjestelmillä on hankalaa tai jopa mahdotonta. Tiedonkeruun tarve ei ole kuitenkaan poistunut: tietoja töihin liittyvistä tapahtumista ja niiden kestoista tarvitaan niin tuotannon seurannan ja ohjauksen kuin prosessien kehittämisen ja valmistuksen hinnoittelun mahdollistamiseksi.

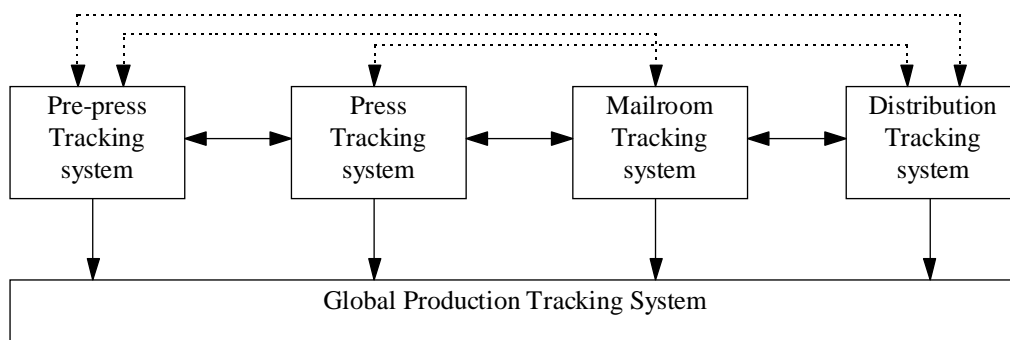
Prepress-alueella käytettävien tuotannollisten järjestelmien kehitys on kulkenut kohti avoimia ja hajautettuja ratkaisuja. Tämä asettaa omat haasteensa tuotannon tapahtuma- ja seurantatiedon keräämiselle. Avoimet ratkaisut ovat saaneet käyttäjät odottamaan avoimuutta myös hallinta- ja tiedonkeruujärjestelmiltä. Siitä ovat osoituksena muutamat standardihankkeet, joilla on pyritty luomaan avoimia rajapintoja tuotannollisten ja hallinnollisten tai tuotannon hallintaan liittyvien tietojärjestelmien välille. Seuraavassa käydään läpi kaksi standardointihanketta ja joitakin valmistajien tarjoamia ratkaisuja. Esiteltävät standardointihankkeet eivät ainakaan tällä hetkellä tarjoa vielä yleispätevää, valmista ratkaisua. IFRAtack on tehty sanomalehtialalle, ja ensimmäiset sitä noudattavat sovellukset ovat tiettävästi tulossa pikapuoliin markkinoille. JobMonitor Protocol -kehitystyö sitä vastoin oli ainakin vuoden 1996 alkupuolella pysähdyksissä.

3.1.2 Suosituksia ja standardiluonnoksia

3.1.2.1 IFRAtack

Sanomalehden tuotantoprosessin tapahtumien seuranta (tracking) on hoidettu ja hoidetaan pitkälti edelleen työvaihekohtaisilla järjestelmillä, joita tarjoavat monet

eri valmistajat. On kuitenkin olemassa tarve laajentaa sanomalehtituotannon seurantaan siten, että prosessin eri osien keskinäinen kommunikointi parane. Näin voidaan edetä kohti kokonaisvaltaista tuotannon hallintaa (Kuva 6). Koska tällaisen kokonaisjärjestelmän toteuttaminen vaatii kaikkien osajärjestelmien sisällymistä samaan kokonaisuuteen, IFRA:ssa (INCA-FIEJ Research Association, kansainvälinen sanomalehtialan tekninen yhteistyöjärjestö) on lähdetty kehittämään suositusta järjestelmien välisen, järjestelmäriippumattoman tiedonsiirron mahdollistamiseksi. Tuloksena on syntynyt IFRAtrack -suositus (IFRA 1995) tuotantojärjestelmien väliseen kommunikointiin. IFRAtrackin kohdealueeksi on siis määritelty tapahtumatiedon välittäminen, ei tietojen analysointi tai tuotannon ohjaaminen. Nämä toiminnot kuuluvat niihin järjestelmiin, joiden toivotaan syntyvän IFRAtrackin mahdollistamana.



Kuva 6. Informaation vaihto paikallisten seurantasysteemien välillä mahdollistaa koko tuotannon seurantajärjestelmän rakentamisen.

IFRAtrack -suosituksessa on määritelty:

- semantiikka, joka määrittelee seurattavan tiedon tavoitteen ja sisällön
- syntaksi, joka spesifioi seurantaviestien kuvauksen ja koodauksen sekä
- viestien vaihtomekanismi.

Lehti on kuvattu **objekteina** ja niiden **tiloina**. Yhteen objektiin voi liittyä toisia objekteja: esimerkiksi sivu koostuu jutuista ja ilmoituksista, jotka puolestaan koostuvat tekstistä, kuvista ja grafiikasta. Suosituksessa on esitetty tietomalli, josta ilmenevät **objektiluokat** (object class) ja niiden väliset relaatiot. Näiden avulla on luotu perusmalli lehdestä. Objektin tila muuttuu **prosessissa** (process), ja tilan muutosta kutsutaan **tapahtumaksi** (event). Liittämällä tapahtumat objekteihin ja niiden tiloihin, luodaan pohja tuotannon tilan ja sen muutosten seuraamiselle.

IFRAtrack-suosituksessa nimettyjä objektien **perusluokkia** ovat mm. lehti (issue), painos (edition), tuote (product), fyysinen sivu (physical page), looginen sivu (logical page), elementti (element), sivunkuvaus (forme description), sivun bittikartta (forme bitmap), filmi, levy (plate), painotyö (printing job), rulla (reel), reitti (route), jättöpaikka (drop), lastaus (van), nippu (bundle).

Jokaisella seurattavalla objektilla voi olla kaksi eri tilaa, **prosessitila ja aikataulu-tila**. Prosessi voi olla tilassa luotu (created), käynnissä (in progress), valmis (completed), pysäytetty (on hold), keskeytetty (aborted) tai lopulta tuhottu (deleted). Sen sijaan aikataulu voi olla vain joko ajoissa (in time) tai myöhässä (late).

Viestivälitysformaatti on nimetty IMF:ksi (IFRA Message Format) ja se pohjautuu Setanta Technologyn (GB) v. 1992 kehittämään Structured Assembly Description -kuvauskieleen (SAD). IMF käyttää vain osaa SAD:stä.

Yksi ensimmäisistä vaatimuksista **seurantaviestien** vaihdolle on, että ne ovat mahdollisimman yksinkertaisia. Siksi viestit ovat tekstijonoja, jolloin niitä on myös helppo lukea ja analysoida. Seurantaviestin pitäisi sisältää seuraavaa informaatiota: objektin nimi, tilan muutos, työnkulku, attribuutit, linkit, aika ja kommentit. On ehdotettu myös, että IFRAtrack-suosituksen tulisi sisältää nimeämissopimus (naming convention) objektin yksilöllisen identifioinnin vuoksi. Tämä voisi olla avuksi erityisesti silloin, kun käytetään automaattisen tunnistuksen menetelmiä (viivakoodit). Toistaiseksi tämä kuuluu vielä tulevaisuuden suunnitelmiin.

IFRAtrackissä ei ole valittu suositukseksi mitään yksittäistä viestien välitystapaa, vaan siinä esitetään tarkemmin kaksi mahdollista ratkaisutapaa:

- keskustietokanta (central database approach), esim. SQL-relaatiotietokannat ja
- tiedostojen vaihto (file exchange approach).

Muita mahdollisia menetelmiä voivat olla email, TCB broadcast ja object request brokers.

Aikatietoa esiintyy runsaasti tämän tyyppisessä tiedonvälityksessä. Tietojen käytötavan mukaan määräytyy, miten tarkasti eri järjestelmien ajat täytyy saada synkronisoiduksi keskenään.

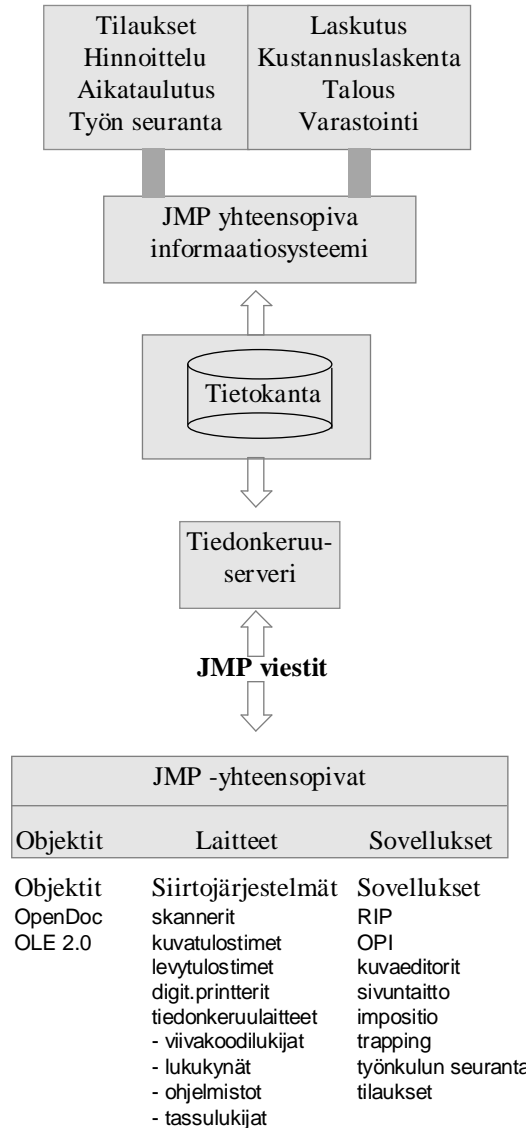
3.1.2.2 JobMonitor Protocol

Amerikkalainen toiminnanohjaus- ja tiedonkeruujärjestelmiä valmistaja Covalent on esittänyt oman ehdotuksensa tieto- ja työvirtojen hallintatiedon keräämiseksi ja välittämiseksi digitaalisessa prepress-ympäristössä. Sille on annettu nimeksi Job-Monitor Protocol (JMP). Kyseessä on avoin tietorakenne- ja viestintäsyntaksi suoraan tuotantolaitteiden ja niissä käynnissä olevien sovellusten monitorointiin hallinta- ja laskentajärjestelmien käyttöön.

Covalent on ilmoituksensa mukaan tehnyt JMP:hen liittyvää kehitystyötä jo usean vuoden ajan, koska se on erilaisissa prepress-alueen tiedonkeruuprojekteissa nähty, miten erilliset tiedonkeruujärjestelmät ovat tulleet prepress-alueella tiensä päähän. JMP-kehitystyön tavoitteena on ollut saada muodostetuksi komitea tai konsortio, joka pitäisi yllä JMP-protokollaa. Näyttävin JMP:hen liittyvä demonstraatio tehtiin Drupa 1995 -messuilla, jolloin Covalentin *PreView*-tiedonkeruuhelmisto otti vastaan Agfa Mainstream -serverin lähettämää, JobMonitor -formaattissa olevaa tapahtumatietoa. Covalentin Englannin yksikön johtajan Tom Freedin

mukaan protokolla oli herättänyt laajaa kiinnostusta, mutta mistään konkreettista toimista ei Drupa-messujen yhteydessä tai sen jälkeen ole pystytty sopimaan. Yritykset ovat Freedin mukaan hyvin odottavalla kannalla. Myöskään Covalent itse ei panosta asiaan tässä vaiheessa enempää, koska sen mahdollisuudet edistää yksin ovat heikot.

Kuva 7. Kaaviokuva JobMonitor Protocol-arkkitehtuurista.



JobMonitor-pohjaisen tiedonkeruujärjestelmän on ajateltu koostuvan kolmesta perusosasta (Kuva 7). Nämä osat ovat seuraavat:

1. Tiedonkeruuserveri, joka vastaanottaa JMP-viestejä tuotantolaitteilta, hyväksyy ja tallentaa ne raportointitarkoituksiin tai siirtää ne edelleen muihin järjestelmiin.
2. JobMonitor Protocol -mekanismi, jolla tuotantolaitteet voivat raportoida laitteiden ja operaattorien toiminnasta, töiden tiloista ja laitteiden aktiviteettiajoista. Se tarjoaa myös joukon kyselyoperaatioita, joiden avulla tuotantolaitteet saavat

yksityiskohtaista tietoa töistä, asiakkaista, työntekijöistä ja laskutuksen koo-
deista.

3. Tuotanto- ja tiedonkeruulaitteet, jotka kommunikoivat tiedonkeruuserverin kanssa paikallisverkon välityksellä. JMP on suunniteltu verkkoprotokollasta riippumattomaksi, jolloin sen toteutusvaihtoehtoina voi olla esim. TCP/IP, IPX/SPX, NetBIOS ja AppleEvents.

Menetelmät, joilla tuotantolaitteilta kerätään tietoa, ovat kunkin laitevalmistajan vastuulla. Tiedon lähetys tuotantolaitteilta tiedonkeruupalvelimelle voidaan tehdä esimerkiksi joko

- suoraan tapahtuman sattuessa (point to point) tai
- epäsuoraan, jolloin tieto tallennetaan ensin keskittimelle, joka sitten lähettää sen palvelimelle sopivaan aikaan (store and forward).

Ratkaisu sille, että eri järjestelmien tuottamat ajat ovat keskenään yhtäpitäviä, on yhteisen referenssiajan käyttö, joka saadaan jaettava eri osajärjestelmille JM Status-Request -viestillä.

JobMonitorProtocollin on Covalentin jakaman aiopaperin mukaan kaavailtu sisältävän 5 perusviestiryhmää. Ne on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 2).

Taulukko 2. JobMonitor Protocolla viestiryhmät.

Viestiryhmä	Viestit
Yhteysviestit (connection messages)	Connect Request Message Disconnect Request Message Device Registration Request Message Device Registration Response Message
Hyötyviestit (utility messages)	Acknowledgement Reply Message Error Response Message
Luetteloviestit (list messages)	Jobs List Request Message Jobs List Response Message Operators List Request Message Operators List Response Message Bill Codes List Request Message Bill Codes List Response Message
Tilaviestit (status messages)	Status Request Message Status Response Message Operator Status Request Message Operator Status Response Message Shift Status Message Job Status Message Event Status Message
Liitännäisviestit (ancillary messages)	Event Create Message Operator Comment Message

3.1.3 Valmistajien ratkaisuja

Adobe Open on ohjelmisto, jonka avulla sivunvalmistuksen rutiinivaiheet voidaan käynnistää automaattisesti. Perinteinen interaktiivinen ohjelman käynnistys ja tiedoston interaktiivinen avaaminen käsittelyä varten jäävät pois. Open siis ohjaa muita ohjelmistoja työlle ennalta määritellyn putken (pipeline) mukaan. Erilaisia toimenpiteitä vaativille töille määritellään omat putkensa. Eniten hyötyä saavutetaan ympäristössä, jossa kerran määriteltyä putkea voidaan hyödyntää useaan kertaan. Open soveltuu myös karkeaan kuormituksen tasaamiseen, sillä sen avulla raskaat toimenpiteet, kuten ääri viivojen lihotukset (trapping) voidaan ajoittaa yöaikaan.

Automaattisesti aktivoituvien toimintojen ohella putkeen voidaan määritellä myös interaktiivisia, käyttäjän panosta vaativia toimenpiteitä. Tällaisia ovat esimerkiksi sähköisen vedoksen lähettäminen sähköpostitse asiakkaalle tai arkkiasemoinnin (imposition) tarkastaminen ennen kuin työ lopullisesti tulostetaan filmille.

Tyypillisesti työ saapuu putkeen luovan osuuden jälkeen, esimerkiksi PageMaker- tai QuarkXPress-tiedostoina, jotka käyttäjä siirtää drag and drop -tyyliin Openin putkeen. Toinen vaihtoehto on ohjata työ hakemistoon, jota Open käy "nuuskimassa" aika ajoin. Open-prosessin aikana käyttäjä voi tarkastella työjonoja putkien eri työvaiheissa. Open toimii FiFo-periaatteella (FirstInFirstOut) eli työt prosessoidaan siinä järjestyksessä, kuin ne ovat putkeen saapuneet. Kiireellisiksi määritellyt työt ohittavat kuitenkin jonot. Open rekisteröi sanomalokiinsa mm. käytetyt sovellukset, aloitus- ja lopetusajankohdat sekä mahdolliset sovellusohjelman virheilmoitukset, joten se voisi tarjota tietoa myös hallinnollisille järjestelmille.

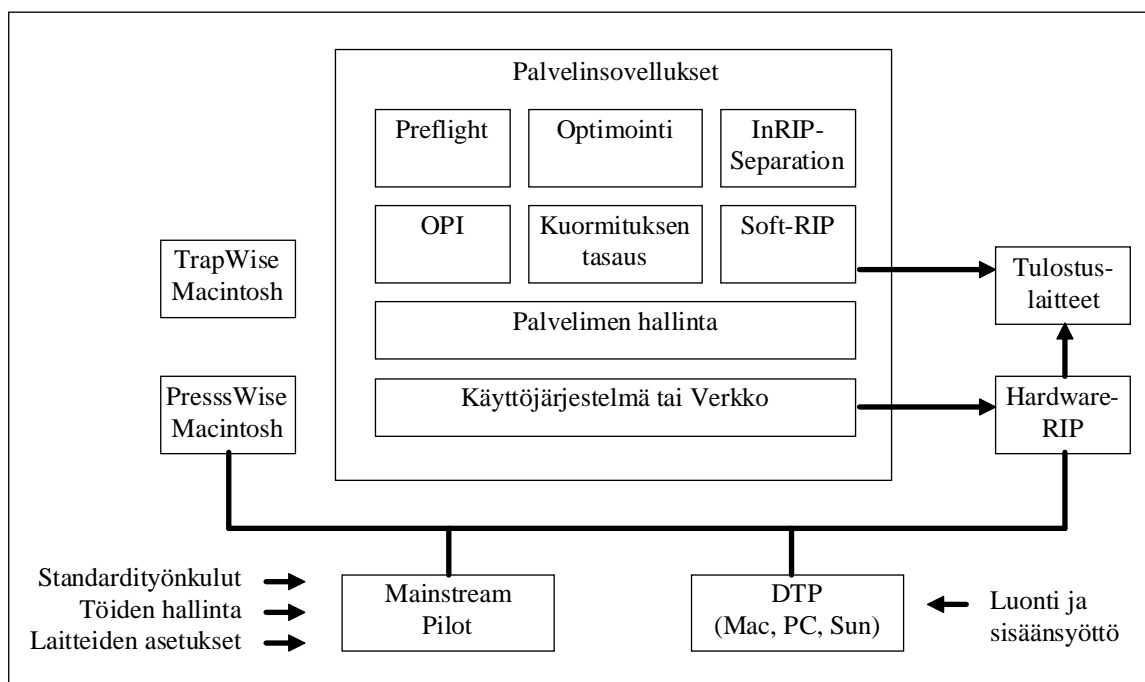
Tarpeen mukaan putkeen voidaan määritellä seuraavia työvaiheita:

- ääri viivojen lihotus (trapping)
- elektroninen arkkiasemointi (impositio)
- työn tallennus haluttuun tiedostomuotoon ja haluttuun paikkaan esim. vedostusta tai arkistointia varten
- vedostus, esim. työ odottaa asiakkaan hyväksyntää
- vedoksen lähetys sähköpostissa
- kuvankäsittely, kuten väri korjailu ja värierottelu
- kuvankorvaus (OPI)
- PostScript-tiedostojen ennakkotarkastus (preflight).

Lisäksi kunkin sovellusohjelman oletusarvot pitää määritellä ennalta.

Openin Pager -sovelluksen avulla käyttäjille voidaan generoida viestejä silloin, kun käyttäjän panosta tarvitaan. Pager-sovellusta hyödynnetään myös, jos käyttäjälle on tarpeen välittää tietoa töistä esimerkiksi niiden keskeytyessä virheilmoitukseen. Pageria voidaan hyödyntää myös niin, että se antaa tiedon käyttäjälle Open-putkesta valmistuneista töistä.

Adoben mukaan markkinoilla on tällä hetkellä noin 65 ns. kolmansien osapuolien sovellusta, jotka ovat liitettävissä Open-ympäristöön. Sovelluskehittäjille on Adobe Open Aware Developer Program, joka antaa ohjeet siitä, miten sivunvalmistuksen sovellukset voidaan sovittaa Open-yhteensopiviksi. Toiminnanohjausjärjestelmistä mm. amerikkalainen SQL-pohjainen Job Manager on liitetty Openiin niin, että esimerkiksi töiden tekemiseen kulunut aika saadaan Job Managerin käyttöön laskutusta varten. Openin kannalta Job Manager on vain yksi sovellus muiden joukossa, vaikka loogisesti Job Manager on Openia ylemmällä, koko yrityksen hallinnan tasolla.



Kuva 8. Agfa Mainstream -palvelinratkaisun arkkitehtuuri. (Anon. 1996)

Open on Macintosh-sovellus, mutta sen käyttämät sovellukset voivat olla Macintosh, Windows tai Windows NT -pohjaisia. Periaatteessa Openin ohjaamat sovellukset voivat sijaita missä tahansa verkon työasemassa. Käytännössä Open-konfiguraatioon vaikuttaa kuitenkin tiedostojen siirtotarve verkon työasemien kesken, mikä usean työaseman sovelluksessa ratkaisee konfiguraation. Suomessa Open on käytössä kolmessa painotalossa.

Myös muita sovelluksia, jotka pyrkivät tarjoamaan vastaavia toimintoja kuin Adobe Open, on olemassa. Yksi tällainen on Agfan Sun-pohjainen sovellus Mainstream 1.1. Agfa on sovittanut Mainstreamin siten, että Open-yhteensopivia ohjelmia voidaan käyttää sellaisenaan myös Mainstreamissa. Agfan Mainstream-arkkitehtuuri on esitetty kuvassa (Kuva 8). Siitä nähdään, että Mainstream edustaa kes-

kitettyä ratkaisua prepress-tuotannon ohjaamiseen. Huomion arvoinen komponentti on Mac-pohjainen Mainstream Pilot-työasema, josta käsin valvotaan koko palvelinympäristöä. Crosfieldin tuore vastine on niin ikään Sunissa toimiva Sybase-pohjainen CelServ.

3.2 PAINO- JA JÄLKIKÄSITTELYVAIHEET

3.2.1 Yleistilanne

Paino- ja jälkikäsittelevaiheissa on keskeisessä asemassa paperin käsittely: paperin painaminen, taittaminen ja sitominen. Tässä tarkastellaan lähinnä kirja- ja aikakauslehtityyppisten tuotteiden valmistuksessa käytettäviä laitteistoja ja niiden ohjausjärjestelmiä tiedonsiirron ja tapahtumatietojen keruun näkökulmasta. Jo edellä esitetty IFRAtrack-suositus kattaa sinänsä kaikki valmistusvaiheet ja tarjoaa yhden ratkaisumallin tapahtumatiedon välittämiseksi valmistuksesta hallintajärjestelmän käyttöön painamisessa ja sen jälkeisissä työvaiheissa.

Paino- ja jälkikäsittelevaiheiden tiedonsiirrossa eri järjestelmien välillä ovat vallalla valmistajakohtaiset ratkaisut. Tietojen fyysinen siirto järjestelmien välillä tehdään toki yleisesti käytössä olevien tiedonsiirtoprotokollien avulla (erityisesti TCP/IP), mutta tietosisällön osalta jokainen tapaus on erilainen.

Yksi merkittävä, paino- ja jälkikäsittelevaiheita koskeva tiedonsiirtosuositus on kuitenkin hiljattain syntynyt: **CIP3** (International Cooperation for Integration of Prepress, Press and Postpress). Se on tehty hankkeessa, jossa on ollut mukana 16 tunnettua graafisen alan järjestelmävalmistajaa (Adobe, Agfa, Crosfield, Goebel, Linotype-Hell, Harlequin, Heidelberg, KBA, Komori, Man Roland, Scitex, Screen, Polar, Ultimate ja Wohlenberg sekä toimeksiannon suorittajana Fraunhofer-Instituutti). Myös sveitsiläinen, kirjojen ja lehtien jälkikäsittelevaiheita valmistava Müller Martini on ilmoittanut liittyneensä CIP3-kehitysryhmään. Suositus ei kuitenkaan koske tiedonkeruuta, vaan se on luotu linkittämään prepress-, paino- ja jälkikäsittelevaiheet siten, että prepress-vaiheessa syntyvä tieto voidaan siirtää seuraavien työvaiheiden ohjaustiedoksi. Kyse on siis teknisen esiasettelu- ja ohjaustiedon siirtämisestä. CIP3:n tavoitteeksi on asetettu, että se sisältäisi kaiken painamisessa ja sen jälkeisissä työvaiheissa tarvittavan tiedon korkearesoluutiokuvien tarkastelua lukuunottamatta.

Toinen mainitsemisen arvoinen, tuotannon hallintaan liittyvä standardi on LMO/DMI, vaikkakin sen sovellusalue on toistaisesti rajoittunut IBM-suurkoneympäristössä toimivien tulostus-postittamojen ohjaamiseen. Sillä saattaa kuitenkin jatkossa olla laajempaa merkitystä erityisesti digitaalisen painamiseen ja siihen liittyvään jälkikäsittelevaiheeseen käytettävien järjestelmien ohjaamisessa. Kehitystyöhön johti toteamus siitä, että muiden alojen valvontajärjestelmät eivät vastaa tämän sovellusalueen tarpeita. Myös Xeroxilla on vastaava tuote markkinoilla.

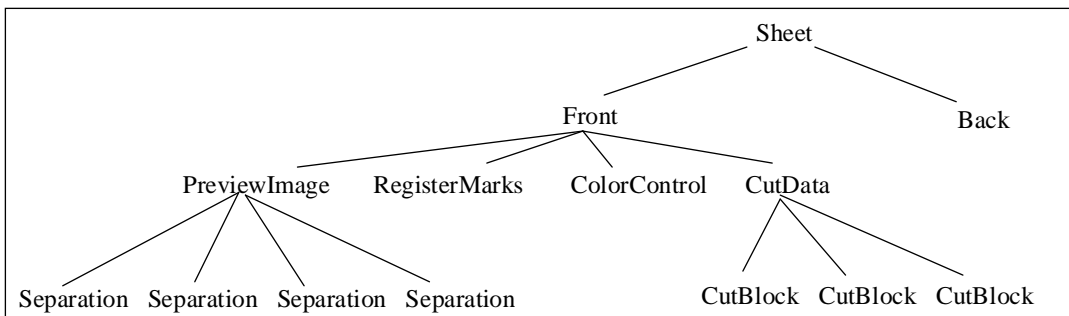
Seuraavassa on ensimmäiseksi käyty läpi edellä mainitut standardihankkeet, minkä jälkeen on käyty läpi eräiden paino- ja jälkikäsittelylaitteiden valmistajien nykyisin tarjolla olevia ratkaisuja.

3.2.2 Suosituksia ja standardiluonnoksia

3.2.2.1 CIP3

CIP3:n tavoitteeksi on asetettu, että sen avulla prepress-vaiheessa syntyvä tieto voidaan siirtää seuraavien työvaiheiden ohjaustiedoksi ja että se sisältää kaiken painamisessa ja sen jälkeisissä työvaiheissa tarvittavan ohjaustiedon korkearesoluutiokuvien tarkastelua lukuunottamatta. Helpon ja joustavan tiedonsaannin mahdollistamiseksi tieto on tallennettuna kolmella tavalla, **rakenteina**, **attribuutteina** ja **sisältöinä**. Haluttiin, että käytettävä kuvaustapa mahdollistaa puumaisten hierarkioiden esittämisen. Toinen CIP3-esitystavalle haluttu ominaisuus on perintämekanismi. Attribuuttien tulee olla perittävässä alempien hierarkiatasojen rakenteille.

CIP3:n esitystavaksi valittiin PostScript-kieli, koska sen katsottiin olevan joustava ja helposti laajennettavissa (toinen loppusuoralle päässyt vaihtoehto oli TIFF-formaatti). Siten PostScriptin perussäännöt ja -oletukset pätevät myös CIP3-tiedostoihin. CIP3 mahdollistaa siis hierarkkisten **rakenteiden** esittämisen. Esimerkiksi mainittakoon, että koska painoarkissa on ylä- ja alapuoli, myös CIP3-dokumentissa on vastaavat osat (Kuva 9). Käytettyä tiedon esitystapaa kutsutaan nimellä Print Production Format (PPF).



Kuva 9. Esimerkki CIP3:n hierarkkisesta rakenteesta.

CIP3-tiedosto koostuu taulukossa 3 esitetyistä osista. Taulukosta ilmenee myös, miltä tuotemääritys näyttää.

Taulukko 3. CIP3-tiedoston osat ja esimerkkejä niiden sisällöstä (Daun & Lucas & Schönhut 1995).

Tiedoston osa	Sisältökuvaus
Otsikko	%!PS-Adobe_3.0 %%CIP3-File Version 1.0
Alustus	%%CIP3BeginProlog ...<yleiset määrittymiset> %%CIP3EndProlog
Käyttäjähoh- tainen alustus	%%CIP3BeginUserDefinedProlog ...<käyttäjähoh- taisten tietoelementtien määrittymiset> %%CIP3EndUserDefinedProlog
Taitto- proseduuri	%%CIP3BeginFoldProcedures ...<kuvaa arkin taittotavan, esim. 16-sivuinen arkki, A4-kokoiset sivut> %%CIP3EndFoldProcedures
Rakenteet, attribuutit ja sisältö	%%CIP3BeginSheet ...<ylä- ja alapuolta koskevat attribuuttimäärittymiset; esimerkiksi paperi, painosmäärä, yms. hallinnolliset tiedot> %%CIP3BeginFront ...<vain etupuolta koskevat määrittymiset> %%CIP3BeginPreviewImage %%CIP3BeginSeparation ...<1. erottelu etupuolen arkista harvaresoluutiokuvaa varten> %%CIP3EndSeparation %%CIP3BeginSeparation ...<2. erottelu etupuolen arkista harvaresoluutiokuvaa varten> %%CIP3EndSeparation %%CIP3BeginSeparation ...<3. erottelu etupuolen arkista harvaresoluutiokuvaa varten> %%CIP3EndSeparation %%CIP3BeginSeparation ...<4. erottelu etupuolen arkista harvaresoluutiokuvaa varten> %%CIP3EndSeparation %%CIP3EndPreviewImage %%CIP3BeginRegisterMarks ...<rekisterimerkkien sijainti arkin etupuolella> %%CIP3EndRegisterMarks %%CIP3BeginColorControl ...<värikontrollikenttien sijainti arkin etupuolella> %%CIP3EndColorControl %%CIP3BeginCutData ...<leikkauksen ohjaus, voi sisältää hierarkisia rakenteita; yksi arkki voi myös jakautua useammaksi osaksi, joista kukin leikataan eri tavoin; tällöin CutData- rakenne-elementti toistuu yhtä monta kertaa kuin näitä osia on> %%CIP3EndCutData %%CIP3EndFront %%CIP3BeginBack ...<arkin takaosan määrittymiset> %%CIP3EndBack %%CIP3EndSheet

CIP3-formaatissa **attribuutit** sisältävät painotyötä karakterisoivan informaation. Kullekin attribuutille annetaan nimi ja arvo, ja se on sidoksissa siihen rakenne-elementtiin, johon se määritellään. Osa attribuuteista on valinnaisia, osa pakollisia. Attribuutit sisältävät

- hallinnollisia tietoja, esimerkiksi
 - arkin tekijä,
 - arkin luontiajankohta,
 - ohjelma, jolla sivut on tehty,
 - filminimi ja -tyyppi
 - levynimi ja -tyyppi
 - paperilaatu,
 - paperin neliöpaino ja paksuus
 - painosmäärä ja
 - värijärjestys
- tietoa värin kulutuksen laskentaa varten, ts. siirtokäyrät filmiltä levyllä ja levyllä paperille ja
- tietoa taittovaihetta varten, ts. taittojärjestys.

Hallinnollista tietoa sisältävät attribuutit suositellaan annettaviksi arkki-rakenteen (Sheet) sisällä tai siten arkin etu- tai takaosaa koskevissa rakenteissa (Front, Back). Näistä ne periytyvät alemmille rakenneosille, ellei niille ole tehty uusia määrittelyjä alemmissä rakenneosissa.

CIP3-dokumentin **sisältötyyppejä** ovat

- jatkuvasävykuvat alhaisella resoluutiolla; niitä voidaan käyttää näytöllä arkin hahmottamiseen ja karkeaan taiton ja leikkauksien tarkistukseen sekä värin kulutuksen laskentaan (ensivaiheessa värierottelut ovat vain CMYK-väreille, mutta tulevaisuudessa CIP3-formaatti tukee myös yhdistelmävärejä ja CIElab-arvojen käyttöä),
- kohdistusmerkit eli tietoa, joka kertoo kohdistusmerkkien tyyppin ja sijainnin,
- kontrollikentät, jotka voivat olla joko värinmittausta tai densiteettimittauksia varten toleransseineen ja pisteenkasvuineen,
- tieto leikkausta varten ja
- vapaamuotoinen tieto eli kommentit.

CIP3-tiedostossa on sama oletuskoordinaatisto kuin PostScriptissä, eli nollapisteenä on vasen alanurkka. Koska valmistuksen eri vaiheet voivat tarvita eri koordinaatiston, CIP3:ssa on mahdollisuus tehdä koordinaatistomuutoksia muunnosmatrisien avulla.

CIP3-tiedostolle on nähty kolme käyttöaluetta. Pääasiallisoin käyttötapana on tiedoston sisällön jäsentäminen PostScript-tulkilla ja tarpeellisen tiedon erottaminen siitä. Ensimmäiseksi on suunniteltu toteutettavaksi seuraavien tietojen poimiminen

- kuvadata ja värinsiirtokäyrät värinkulutuksen ja väriprofiilin laskemiseksi ja painokoneen esiasettelemiseksi tämän tiedon perusteella,
- leikkuutiedon käyttö leikkuuohjelmien automaattiseksi generoimiseksi ja

- taittotietojen käyttö taittolaitteiden esiasettelemiseksi ja ohjaamiseksi.

Toinen mahdollinen käyttötapa on tiedoston tulostaminen tavallisella PostScript-tulostimella painotyön sisällön oikeellisuuden tarkistamiseksi. Kolmas käyttötapa on jäsentää tiedosto tuottamaan kuvaus työstä, eli esimerkiksi kertomaan työhön liittyvät hallinnolliset tiedot.

CIP3:een on siis sisällytettävissä hyvin yksityiskohtainen kuvaus aineiston syntyvaiheista ja siinä määrättyneestä valmistustavasta. Nyt kaavaillussa muodossa CIP3 mahdollistaa vain tiedon siirron esivalmistuksesta painon ja jälkikäsitteilyn ohjaustiedoksi. Luonteva laajennus olisikin, jos tähän suunnittelutietoon voitaisiin yhdistää toteumatieto jälkianalyysjä varten.

Ensimmäiset järjestelmät, jotka pystyvät hyödyntämään CIP3-standardin mukaista tietoa, tulevat valmistajien ilmoituksen mukaan markkinoille kesällä 1996.

Toinen, tähän samaan alueeseen liittyvä standardiluonnos on RIT:ssä (Rochester Institute of Technology) Yhdysvalloissa laadittu PressScript. Myös tässä standardiehdotuksessa oli päädytty hierarkkiseen kuvaustapaan, koska se mahdollistaa, että eri järjestelmät voivat helposti poimia omaa vaihettaan koskevan ohjaustiedon. Kuvauskieleksi oli valittu PostScriptin sijasta SGML. Ainakin tällä hetkellä CIP3:lla on PressScriptiä vahvempi valmistajien tuki takanaan, joten se näyttäisi näistä kahdesta ehdotuksesta todennäköisimmin saavuttavan käytännön merkitystä.

3.2.2.2 *DMI/LMO*

DMI/LMO tarjoaa toiminnot, joilla voidaan valvoa ja ohjata laitteita ja seurata töitä tulostus-postittamoissa, tulevaisuudessa ehkä myös digitaalisen painamisen ympäristöissä. Siinä on seuraavat osat:

1. Standardi hallintaprotokolla
2. Standardoidut laitekuvaukset
3. Mekanismi tuotekuvausten laajentamiselle eli laiteattribuuteissa on yhteisten attribuuttien lisäksi mahdollisuus kuvata laitekohtaisia tai uusia piirteitä. Standardi ei siis rajoita uusien laitteiden tai ominaisuuksien kehittämistä. Standardimäärittelyksien avulla laite voi kertoa prosessointikykynsä, kulloisenkin tilansa, mahdolliset häiriöilmoitukset ja virhetilanteet. Laitteen valmistaja tekee laitteestaan MIF-muotoisen kuvauksen ja ohjelmiston, joka tukee MIF:ssä määriteltyjä toimintoja.
4. Useiden verkkorajapintojen määrittelyt
5. Graafinen käyttöliittymän, jotta voidaan antaa kokonaiskuva järjestelmästä.

LMO:n kehittäminen edellytti järjestelmäkomponenttien mallittamista. Järjestelmäkomponentit jaettiin kahteen ryhmään: niihin, joita tarvittiin toisten komponenttien kontrolloimiseen ja niihin, joita kontrolloitiin. LMO implementoi rajapinnan näiden komponenttityyppien välille.

LMO käyttää uutta standardia: the Desktop Management Task Force (DMTF) Desktop Management Interface (DMI) Protocolia. Muina vaihtoehtoina harkittiin seuraavia standardeja:

- Internet Engineering Task Force (IETF)
- Simple Network Management Protocol (SNMP)
- the ISO Common Management Interface Protocol (CMIP)
- the ISO Document Printing Application (DPA) Standard
- Open Database Connectivity (ODBC) standard

DMTF:ssä on neljä pääkomponenttia:

1. The Management Information Format (MIF) tietokanta, joka kuvaa systeemin laite- ja ohjelmistokomponenttien hallittavat ominaisuudet. Kuvaus on hierarkkinen ja muodostuu komponenteista, ryhmistä, attribuuteista ja arvoista.
2. The Management Interface, jonka kautta hallintakomponentit voivat pyytää tietoa MIF-tietokannasta tai saada ja/tai asettaa komponenteille attribuuttiarvoja.
3. The Component Interface, jonka kautta laite- ja ohjelmistokomponentit voivat vastata hallintasovellusten pyyntöihin tai luoda asynkronisia tapahtumia.
4. The Service Layer, joka huolehtii sekä hallinta- että komponenttirajapinnoista. Tämä kerros on hallintasovellusten ja komponenttien välinen abstraktiotaso eli sen ansiosta kommunikoivien osapuolien ei tarvitse tietää yksityiskohtia siitä, miten eri tahojen kanssa kommunikoidaan.

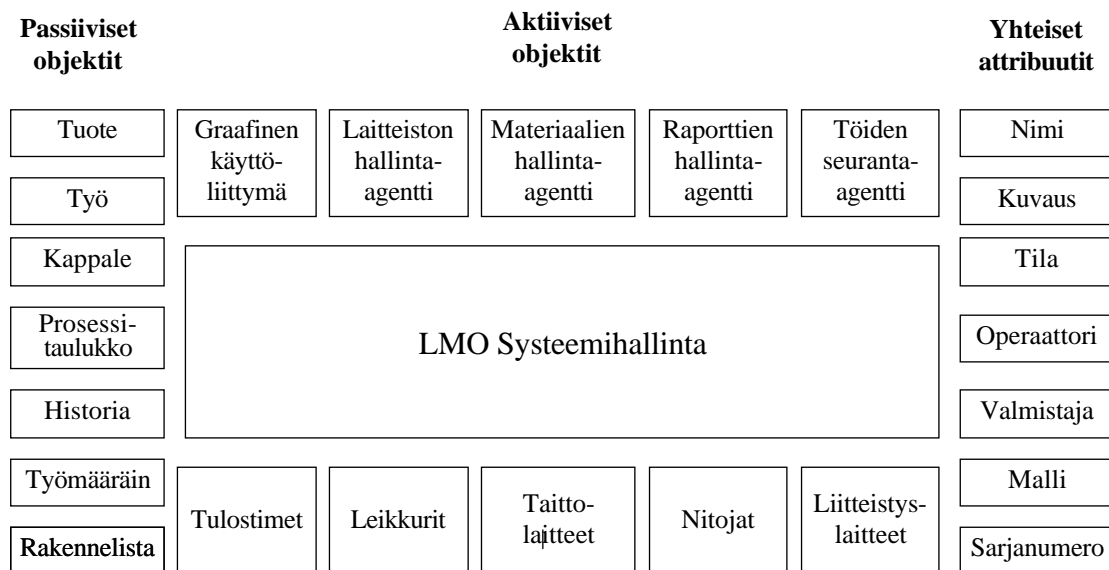
DMI-standardi valittiin seuraavista syistä:

- Se tarjoaa rajapinnat hallintosovelluksille, jotka ovat muita objekteja hallitsevia objekteja ja komponenteille, jotka ovat muiden objektien hallitsevia objekteja (juuri tämä oli LMO:lle haluttu malli).
- Selkeä objektien määrityskieli (MIF Language).
- MIF-metadata (data, joka kuvailee systeemin komponenttien ja ohjelmistojen rakenteen) on saatavissa ilman attribuuttiarvoja. Tämä mahdollistaa laajennettavien taulukko-ohjattujen hallintasovellusten kehittämisen (esim. GUI).
- DMI:n “avainmekanismi” mahdollistaa tiedon suorasaannin viitenumeroiden avulla. Avainmekanismia voidaan käyttää parametrien välittämiseen komennoille, eli sitä voidaan käyttää yleiskäyttöisenä käskyvirirajapintana.
- DMI ei määrittele mitään tiettyä verkkoprotokollaa.

DMI:n käytössä oli myös joitakin ongelmia, jotka liittyivät lähinnä verkkoyhteyksiin ja suorituskykyyn. Verkkoyhteysongelmat ratkaistiin määrittelemällä verkko-liityntään kahden eri tason rajapinnat, jotka molemmat perustuivat TCP/IP:n käyttöön. Suorituskykyongelma liittyi ison objektimäärän tilan seurantaan, ja se ratkaistiin tekemällä rajapinta SQL-tietokantaan. LMO/DMI:hin kuuluvat myös painotuotteita kuvaavat attribuutit ja niiden tekemiseksi tarvittavat ohjeet sekä laiteluokkien yhteiset attribuutit.

LMO perustuu client/server arkkitehtuurille. Serveri koostuu DMI palvelukerroksesta, verkkorajapinnasta ja agenteista. DMI-palvelukerros tarjoaa hallinta- ja komponenttirajapinnat ja pääsyn MIF-tietokantaan. Agentit tarjoavat lisäarvopalve-

luja, ja niitä on töiden seurantaan, töiden ohjaukseen, historiatiedon analysointiin ja hälytysten monitorointiin. (Kuva 10).



Kuva 10. LMO/DMI tiedonkeruu- ja tuotannonhallintaratkaisun komponentit (Stuart 1995).

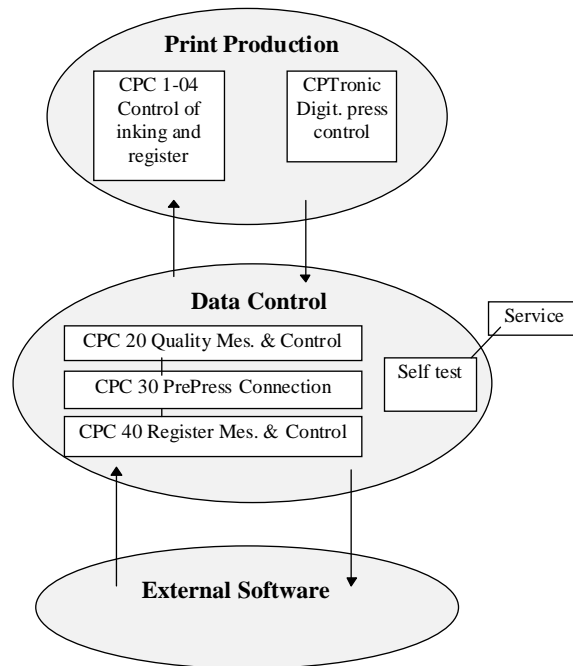
3.2.3 Valmistajien ratkaisuja

3.2.3.1 Heidelberg - Data Control

Heidelberg on ollut käynnistävänä voimana CIP3-hankkeessa ja kesällä 1996 on tulossa markkinoille CPC32-järjestelmä, joka pystyy ottamaan vastaan CIP3-formaatissa olevaa tietoa ja muuntamaan sen painokoneen esiasettelutiedoksi. Tieto voidaan siirtää suoraan painokoneelle tai tehdä siirto Data Control -järjestelmän kautta. Kolmas tapa tiedonsiirtoon on erillisen älykortin käyttö. (Oates 1995)

Data Control on Heidelberg-painokoneympäristön tiedon ja tuotannon hallintaan tarkoitettu järjestelmä. Se mahdollistaa tiedonsiirron välittömän painokoneen ohjauksen ja muiden painolaadun valvontajärjestelmien välillä ja toisaalta painamisen ulkopuolisten eli tuotannon ohjauksen ja hallinnollisten tietojärjestelmien välillä.

Itse painovaiheeseen liittyen Data Control sisältää useita erillisiä ohjelmamoduuleja, jotka kattavat lähes kaikki ajateltavissa olevat toiminnot kuten painotuotannon työjärjestysten ja työvuorojen suunnittelun, valmistustilanteen seurannan, esiasettelun, asetusten arkistoinnin ja tilastolliset tarkastelut koneiden painovolyymeista, painoajoista, pesuista, tuotantonopeuksista ja painoyksikkökohtaisista käyttöasteista.



Kuva 11. Heidelbergin Data Control -systeemin osat ja liittynät. CPC- ja CPTronic ovat vaihtoehtoisia painokoneen ohjausjärjestelmiä. CPC20 on laadunmittausasema, CPC30 -tuotteet sisältävät eri mahdollisuuksia tiedonsiirrolle prepress-järjestelmistä, CPC32 pystyy vastaanottamaan ja käsittelemään CIP3-muotoista dataa; CPC 40 on kohdistuksen mittausjärjestelmä.

Data Control-järjestelmän alaisuuteen voidaan liittää myös digitaalisesti ohjatut Polarlin leikkurit ja Stahlin taittokoneet. Esiasettelutieto voidaan tällöin lähettää Data Control-järjestelmästä näiden koneiden ohjausjärjestelmiin, ja koneet voivat raportoida takaisinpäin tuotannon tapahtumat edelleen välitettäväksi.

Tiedonsiirto Data Controlin ja muiden tietojärjestelmien, lähinnä tuotannon-ohjausjärjestelmien kanssa voidaan toteuttaa IPX/SPX (Novell), TCP/IP tai NFS -protokollien mukaisesti. Data Control ottaa vastaan tilausta kuvaavaa tietoa, ja se voi itse lähettää muille järjestelmille tuotannosta kertynyttä tapahtumatietoa. Tiedonsiirto on tiedostopohjaista. Ulkopuolelta vastaanotettavassa tiedossa voi työn tunnistetietojen lisäksi olla yleistietoja työstä ja työn teknisestä rakenteesta. (Heidelberger Druckmaschinen AG 1995)

Tuotannon tapahtumista kerätty operointitiedosto koostuu tietueista, joihin voidaan sisällyttää

- henkilötietoja (ja tulot tai lähdöt)
- työhön liittyviä materiaalin kulutustietoja ja
- prosessiviestejä (esim. levynvaihto, sylinterien pesut, levyn skannaus ja kopiointi sekä niihin liittyvät aloitukset, keskeytykset ja lopetukset). (Heidelberger Druckmaschinen AG 1995).

Heidelbergin ilmoituksen mukaan noin 50 eurooppalaista tuotannonohjausjärjestelmän valmistajaa on tehnyt tai tekemässä rajapintaa Data Control -muotoisen tiedon vastaanottamiseksi. Yksi näistä on englantilainen Imprint Business Systems, jonka järjestelmä luo Data Control -systeemin käyttöön työkohtaisen informaatio-tiedoston heti, kun tuotantoaikataulu tai työohjeet on laadittu. Valmistuksen tapahtumatiedot voidaan puolestaan lukea takaisinpäin (Oates 1995).

3.2.3.2 KBA - OPERA

KBA:n OPERA (OPen ERgonomic Automation) on järjestelmäkokonaisuus, joka sisältää toiminnot painokoneiden esiasetteluun ja ohjaukseen sekä niiden integroimiseen koko yrityksen tietojärjestelmiin. OPERAssa on seuraavat osat:

- Ergotronic, painokoneen esiasettelu, monitorointi ja valvonta
- Colortronic, värin kaukosäätö
- Scantronic, levy- ja filmiskanneri painokoneen värinsyötön esiasetteluarvojen mittaamiseen
- Densitronic, densitometriset mittaukset painolaadun optimointia ja dokumentointia varten
- Qualitronic, painoarkkien laadunmittaus painokoneessa painamisen aikana
- Logotronic, järjestelmän integroiva verkko, integrointi myös ulkopuolisiin järjestelmiin.

Järjestelmään voidaan liittää KBA:n painokoneet, osin myös vanhempia malleja. Jotkin sen komponenteista ovat liitettävissä myös muiden valmistajien painokoneisiin. Tietojen vaihto hallinnollisiin ja tuotannonohjauksen tietojärjestelmiin on toteutettavissa (Anon. 1995).

OPERAn hinta Englannissa on noin £150.000 painosalia kohti painokoneiden määrästä riippumatta. Lisäksi tietokonelaitteista ja -ohjelmistoista aiheutuu kustannuksia £5 000 - 10 000 painokonetta kohti. Ensimmäinen asennus tehdään Aar-gaues Tagblattissa Sveitsissä, jossa järjestelmän piiriin kuuluu kolme arkkipainokonetta ja yksi 16-sivuinen heatset-rotatio (Ellis 1995).

3.2.3.3 Komori - KMS III

Komorin KMS III on keskitetty digitaalinen painokoneen ohjausjärjestelmä, johon on integroitu

- AMR, automaattinen kuntoonlaittojärjestelmä sisältäen automaattisen levynvaihtoyksikön
- PSS -levyskanneri
- PQC III, keskitetty väri- ja vesitasapainon säätö
- PDC II, painojäljen densitometrinen mittaus ja värinsäätö.

K-LAN II on verkko, joka yhdistää nämä yksittäiset moduulit ja mahdollistaa tiedonsiirron Komorin CTP-järjestelmästä (CTP = Computer-To-Plate).

KMS III -järjestelmäkokonaisuus monitoroi ja koordinoi eri osien toimintaa sekä kokoaa tuotannon tapahtumatiedot. Järjestelmän kautta nähdään, miten koneet toimivat, paljonko hyviä ja huonoja arkkeja on painettu, mikä on ollut painon ajankäyttö eri toimintoihin prosentuaalisesti tai absoluuttisesti. Tämä analyysiohjelmat ovat Komorin omia ja ne pyörivät IBM:n tietokoneessa. (Ellis 1995.)

3.2.3.4 MAN Roland - Pecom

MAN Rolandin Pecom-järjestelmä kattaa kaikki painosalin toiminnot painotuotteiden teknisen valmistuksen suunnittelusta, painamisesta, paperin ja muun materiaalin käsittelystä aina organisaation tuotannonhallinnan asioihin asti.

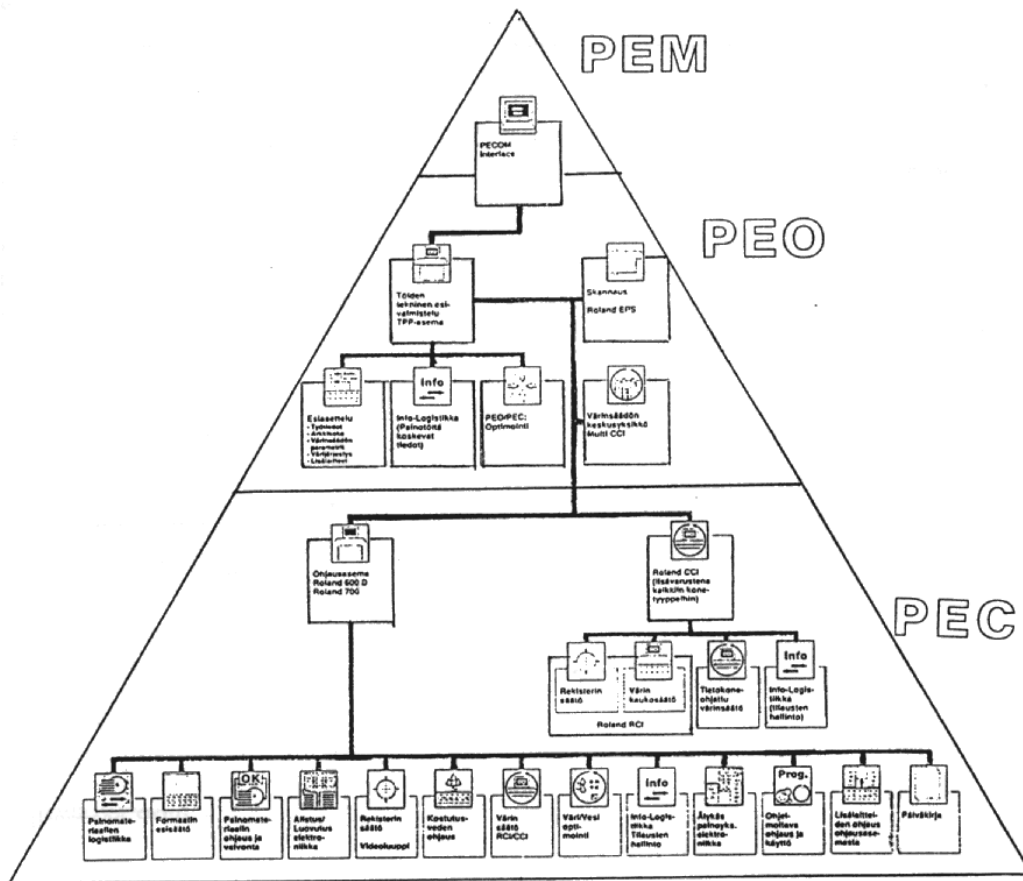
Pecom järjestelmä koostuu kolmesta tasosta (Kuva 12):

- PEC (Process electronic-control) sisältää painokoneen teknisen ohjauksen ja säädön.
- PEO (Process electronic-organisation) sisältää painosalin yleisen ohjauksen ja hallinnan, kuten painolevyjen skannauksen valmistelun, koneen toimintojen valvonnan ja tarkistuksen sekä töiden teknisen esivalmistelun TPP-aseamalla (TPP = Technical Production Point).
- PEM (Process electronic-management) yhdistettynä TPP-asemaan tarjoaa kaikkien painon työvaiheiden käsittelyn ja arvioinnin vaatiman toiminnallisuuden.

Pecom-järjestelmä on suunniteltu liitettäväksi hallinnolliseen järjestelmään, josta saadaan töiden perustiedot. Töiden teknisen valmistuksen suunnittelu ja viimeistely tehdään TPP-asemassa, josta tieto voidaan siirtää painokoneen ohjausjärjestelmään. Painokoneen esiasettelutiedot voidaan siirtää CTP-systeemistä eli digitaalisen tiedon ohjaamasta painolevyjen valotuksesta. Järjestelmäkokonaisuuteen voidaan liittää Rolandin automaattinen lavaus- ja lavojen kuljetusjärjestelmä. (Oates 1995.)

Esimerkkinä Pecom-järjestelmän ja toiminnanohjausjärjestelmän välisestä tiedonsiirrosta voidaan mainita englantilaisen **Optichrome Computer Systemsin** toiminnanohjausjärjestelmä Optimus, joka on yhdistetty MAN Rolandin TPP- ja Pecom-järjestelmiin (Oates 1995).

Pecomien ja muiden järjestelmien välinen tiedonsiirto tapahtuu Ethernet-verkon ja TCP/IP-protokollan avulla. Tiedonsiirrosta on aina data-tiedoston lisäksi sitä vastaava ns. synkronisointi-tiedosto.



Kuva 12. Kaavio Pecom-järjestelmästä.

3.2.3.5 Jälkikäsitteilyn koneet

Jälkikäsitteilyn koneiden ohjausjärjestelmien liitettävyyden muihin järjestelmiin on vielä valtaosin melko rajoitettua. Syinä tähän ovat nähtävästi ainakin se, että digitaalisen ohjauksen ja tiedonsiirron mahdollistaminen vaatii joidenkin koneiden osalta suuria investointeja suhteessa itse koneen hintaan tai saavutettavissa olevaan hyötyyn, ja osin jälkikäsitteilyn koneet vaativat vain vähän ohjaustietoa tai ohjaustieto kulkee luontevasti itse tuotteen mukana.

On kuitenkin selvä, että järjestelmien välinen integraatio etenee myös jälkikäsitteilyn alueella. Aikakauslehtien räätälöity kokoaminen ja personointi sitomossa on monessa maassa jo hyvin yleistä. Se vaatii digitaalista ohjausta ja tehostuu, jos tiedot ovat siirrettävissä verkkojen välityksellä (Whalen 1995). Digitaalisen painamisen mahdollistama pienten sarjojen tekeminen saadaan laajemmin soveltuvaksi vasta, kun myös jälkikäsitteily on kytkettävissä samaan kokonaisuuteen. Jälkikäsitteilyn koneisiin on alkanut tulla tarjolle esiasettelujärjestelmiä ja digitaalista ohjaustekniikkaa. Myös vikojen paikantamiseen ja diagnoosiin soveltuvia järjestelmiä on tarjolla.

Aiemmin mainittu DMI/LMO tarjoaa todennäköisesti tulevaisuudessa yhden vaihtoehdon tiedonsiirrolle ainakin elektronisen painamisen alueella. CIP3-hanke puolestaan sisältää ohjaustiedon siirtämisen prepress-järjestelmistä myös jälkikäsitteilyyn.

Jo aiemmin mainittiin **Stahl** ja **Polar**, jotka tekevät yhteistyötä Heidelbergin kanssa. Tiedonsiirto näiden valmistajien uusimpiin laitteisiin on tehtävissä CIP3:n standardin ja Data Controlin avulla.

Liimanidontalinjojen valmistaja, **Wohlenberg** tarjoaa hallinnollisten tilaustietojen ja vikojen diagnostisointiin Windows-pohjaista Bind-Com-ohjelmistoa, joka vuoden 1996 alussa on tuotantokäytössä yhdellä asiakkaalla Saksassa. Wohlenbergilta saatujen tietojen mukaan kaikki asetukset ja tapahtumat tallennetaan Microsoft Access -tietokantaan, josta ne ovat myös siirrettävissä takaisin koneelle uusinta- ja jatkotöitä varten. Tiedonsiirto hallinnollisista tai muista ulkopuolisista järjestelmistä Bind-Com-ohjelmistoon on laadittava tapauskohtaisesti.

Vikadiagnoosiohjelma toimii myös tuotantotiedon kerääjänä, sillä esimerkiksi koneen nopeus, liiman lämpötila ja sidottujen blokkien määrä näkyvät PC:n näytöllä. Vian sattuessa jossain koneen osassa, tieto viasta siirtyy tietokoneelle, ohjelma analysoi sen ja näyttää ohjeita ja kuvia vian korjaamiseksi. Kaikki häiriöt koneella kootaan myös tilastoiksi.

Myös Wohlenberg on osallistunut CIP3-hankkeeseen, mutta käytännön sovelluksia ei aivan lähiaikoina ole odotettavissa.

Kolbus valmistaa ennen kaikkea kovakantisten kirjojen valmistukseen tarvittavia koneita. Kolbusen laitteiston kehittyneintä päätä edustaa Compact-line-kansituslinja, johon voidaan kytkeä Copilot-ohjaustekniikka. Ohjaustieto syötetään näppäimistön ja valmistettavan kirjan avulla. Ohjausjärjestelmä kerää tapahtumatieta, mistä se on tarvittaessa siirrettävissä muihin tietojärjelmiin. Käytännössä vain muutama prosenti Compact-linjan käyttäjistä on toteuttanut tämän tiedonsiirron.

MBO:n taittokoneisiin on puolestaan saatavissa mikroprosessiohjattu säätö ja MCC3-laskuri, jonka avulla voidaan kerätä tiedot ajetuista arkkimääristä (sisäännotetut, normaalista luovutuksesta ulostulleet, kuntoonlaittoarkit) ja ajoista, kunhan käyttäjä ilmoittaa, milloin käyttötapa (kuntoonlaitto, ajo, häiriön poisto) muuttuu. Tietoja ei tallenneta koneelle, vaan ne on tallentamista ja jatkoanalyysseja varten siirrettävä mikrotietokoneeseen.

4 TUOTANTOTIETOJEN ANALYSOINTI TILASTOLLISIN MENETELMIN

4.1 ANALYYSIEN TAVOITTEET

Tiedonkeruun ja tiedonsiirron menetelmät ovat siis kehittymässä kovaa vauhtia ja vähitellen ollaan saamassa edellytykset tuotannon kokonaisvaltaiselle hallinnalle. Tuotannossa liikkuvat tiedot ja niiden käyttötavat ovat luokiteltavissa kolmeen pääryhmään:

- esiasettelutieto
- prosessien reaaliaikaiseen seurantaan ja ohjaukseen käytettävä tieto sekä
- prosessien suorituskyvyn mittaamiseen käytettävä tieto.

Näistä kaksi viimeistä liittyvät toisiinsa niin, että prosessien suorituskyvystä kertovaa tietoa käytetään pohjana tehtäessä tuotantosuunnitelmia. Näin saadaan referenssitietoa aikataulullisen etenemisen vertailemiselle.

Tämän projektin analysointiosassa tarkasteltiin nimenomaan **prosessien suorituskyvystä kertovaa tietoa ja sen analysointia**. Tehdyn työn tavoitteena oli edistää tuotantoprosessista kertyvän tiedon hyväksikäyttöä.

Tehdyt analyysit koskettivat seuraavia alueita:

- kirjojen valmistuksen materiaalihukka painovaiheesta kansitukseen
- nettotuotantonopeus ja sen avulla nettotuotantoajan tarve rotaatiopainokoneilla
- kuntoonlaittoajan pituus rotaatiopainokoneella ja
- kirjaprosessin läpimenoajat.

Analyysit tehtiin todellisella tuotantotiedolla, jota saatiin projektissa mukana olleilta yrityksiltä. Seuraavassa raportoidaan tehty työ painottaen saatuja kokemuksia tietojärjestelmiin kerääntyneen tiedon analysoinnista, tarkasteltujen ominaisuustietojen tyypillisiä piirteitä ja arvioidaan saatujen tulosten käyttökelpoisuutta. Itse menetelmien soveltamisesta on kerrottu tarkemmin julkaisussa “Tuotantotietojen tilastollinen analyysi” (Bäck & Pitkänen, 1996).

Analyysit tehtiin pääasiassa tilastollisella ohjelmalla (SPSS®). Sen rinnalla käytettiin tarvittaessa taulukkolaskentaohjelmaa (Excel®), matemaattista ohjelmaa (Matlab®) ja neuraaliverkkolaskentaohjelmaa (Neuromill®).

4.2 TILASTOLLISTEN MENETELMIEN SOVELTAMINEN

4.2.1 Lähtötietojen hankinta ja yleishavainnot aineistosta

Analyysien ensimmäisenä vaiheena oli tietojen kerääminen. Lähtöoletuksena ja yleisenä käsityksenä projektissa mukana olevilla tahoilla oli, että yritysten tietojärjestelmissä on yllin kyllin tietoa analyysien käyttöön. Riittävän ja kattavan aineiston kokoaminen osoittautui kuitenkin työlääksi ja osin analyysit jouduttiin tekemään varsin suppean aineiston pohjalta. Ongelmia aineiston kokoamisessa aiheutui lähinnä seuraavista syistä:

- Tarvittavat tiedot olivat useammassa kuin yhdessä tietojärjestelmässä, jolloin niiden yhdistäminen vaati erityistoimia, kuten erityisen poimintaohjelman tekemistä ja/tai tietojen manuaalista tai puoliautomaattista korjailua ja yhdistelyä taulukkolaskentaohjelmassa. Tyypillisesti yhdistämisiongelmaa ilmeni työ- ja arkkiryhmäkohtaisesti tallennettujen tietojen kanssa. Myös paperin käyttö- ja ominaisuustietojen kokoamisessa ja kohdistamisessa arkkiryhmille oli hankaluuksia.
- Materiaalien käytön kirjaus ei ollut kaikilta osin niin tarkkaa, kuin tehdyt analyysit olisivat edellyttäneet. Virheitä aiheutui nähtävästi ennen kaikkea käyttämättä jääneen paperin kirjauksen epätarkkuuksista (paperia ei palautettu sille työnumerolle, jolta se oli alunperin otettu tai sitä käytettiin johonkin toiseen työhön).
- Työnumeroiden koostuminen osin pelkästään numeroista ja osin sekä numeroista että kirjaimista aiheutti hankaluuksia.
- Paperimäärän muuntaminen kiloista arkeiksi ei onnistunut suoraan niiltä osin, kun työ muodostui eri tyyppisistä arkeista, joiden paperinkäyttöä ei oltu erotettu toisistaan.
- Painoarkkien määrä ei ollut kaikilta osin suoraan muutettavissa taittoarkkien määräksi, vaan muuntaminen vaati käytettyjen arkkien rakenteen yksityiskohdista, osin manuaalista läpikäyntiä.
- Osaa nyt käytetyistä tiedoista ei seurata säännöllisesti, mikä ilmeisesti lisäsi osaltaan tietojen sisältämien virheiden määrää.
- Yksittäisten tietojen puuttuminen johti monien töiden karsiutumiseen analyysistä.
- Aineistojen ominaisuudet eivät olleet tasaisesti jakautuneet koko mahdollisella arvoalueella, vaan havaintoarvot saattoivat olla hyvinkin keskittyneitä vain joihinkin tapauksiin.

Tuotantotietojen analysoinnin **työläimmäksi ja kriittisimmäksi vaiheeksi** osoitautui **aineiston luotettavuuden ja edustavuuden varmistaminen**. Sen sijaan itse analyysien teko on nopeaa ja suoraviivaista.

Tietojärjestelmistä kertyvä tieto on tyypillisesti tuotteiden ja materiaalien perusominaisuuksia kuvaavaa tietoa ja toistaalta tapahtumien kestoja, tapahtuma-ajankohtia ja kappalemääriä kuvaavaa tietoa. Sitä vastoin ei juurikaan ollut käytettävissä olosuhdetietoa, joka kertoisi esimerkiksi koneiden tilasta tai tuotanto-olosuhteista. Tämä jätti ison aukon selittävien tekijöiden joukkoon.

Aineiston luotettavuuden ja edustavuuden tarkastelu tehtiin kuvailevilla menetelmillä, joista tärkeimmät olivat

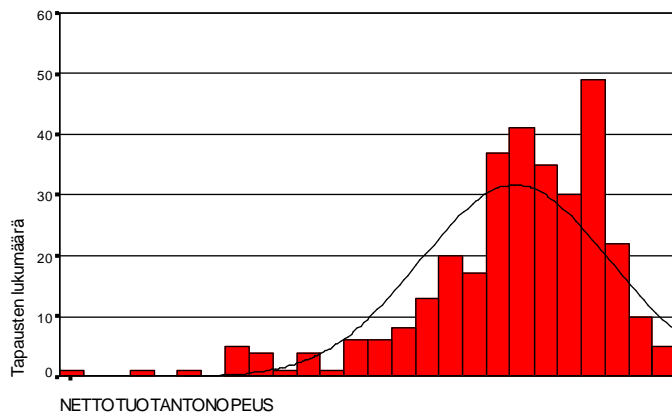
- äärialueiden arvojen tarkastelu,
- ristiintaulukoinnit,
- 2- ja 3-ulotteiset sirontakuvat,
- histogrammit ja
- box-plot-kuvat.

Kuvailevan tarkastelun tärkeimmät yleistettävissä olevat tulokset olivat seuraavat:

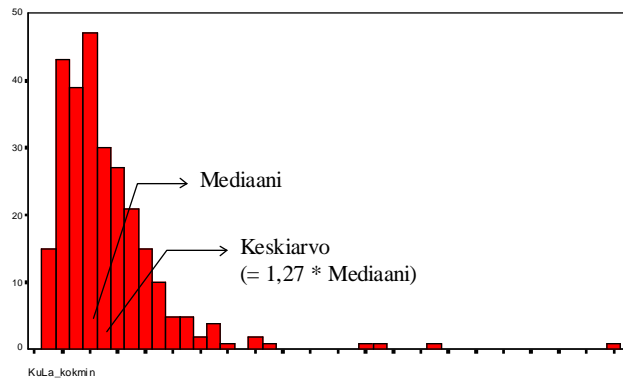
- Suorituskyvystä tai hukkamääristä kertovien tunnuslukujen hajonta oli suhteellisen suurta keskenään hyvin samankaltaisilta vaikuttavissa töissä (katso esim. 20).
- Arvojen jakaumat eivät useinkaan noudata normaalijakaumaa, vaan ne ovat tyypillisesti normaalijakaumaa huipukkaampia ja jompaan kumpaan suuntaan vinoja.

Jälkimmäinen havainto käy ilmi myös seuraavista kahdesta kuvasta. Näistä ensimmäisessä (Kuva 13) on esitetty erään painokoneen nettotuotantonopeuksien histogrammi. Nettotuotantonopeudella tarkoitetaan hyväksytyt tuotannon ajonopeutta [kpl]/[min], kun siihen on sisällytetty mahdollinen ajon aikaisen makulatuurin painamiseen kulunut aika. Histogrammin muodolle on myös löydettävissä järkevä selitys: vain harvat työt onnistutaan ajamaan maksimiarvoilla, mutta valtaosa töistä pystytään ajamaan melko hyvillä arvoilla. Vasempaan reunaan sijoittuvat työt ovat syystä tai toisesta olleet ongelmallisia. Tämän muotoinen jakauma saadaan paremmin vastaamaan normaalijakaumaa, jos käytetään toiseen potenssiin korotettuja arvoja.

Kuntoonlaittoaikojen pituuksien jakauma on muodoltaan päinvastainen nettotuotantoaikoihin nähden (Kuva 14). Valtaosa havainnoista on kertynyt histogrammin vasempaan reunaan. Myös tämä jakauma on normaalijakaumaa huipukkaampi.



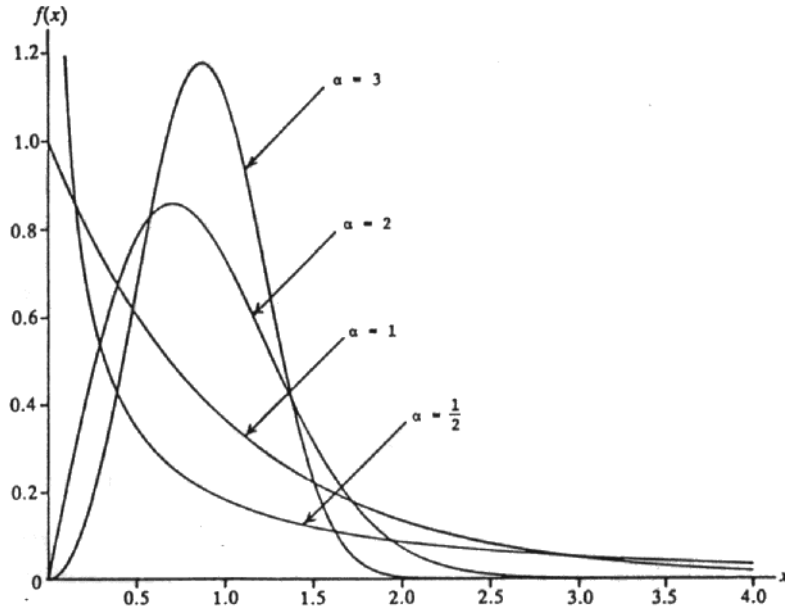
Kuva 13. Nettotuotantonopeuksien histogrammi oli eri koneilla tyypillisimmin yllä esitetyn muotoinen, eli normaalijakaumaa terävämpihuippuisempi, ja tämä huippu on sijoittunut jakauman oikealle puoliskolle.



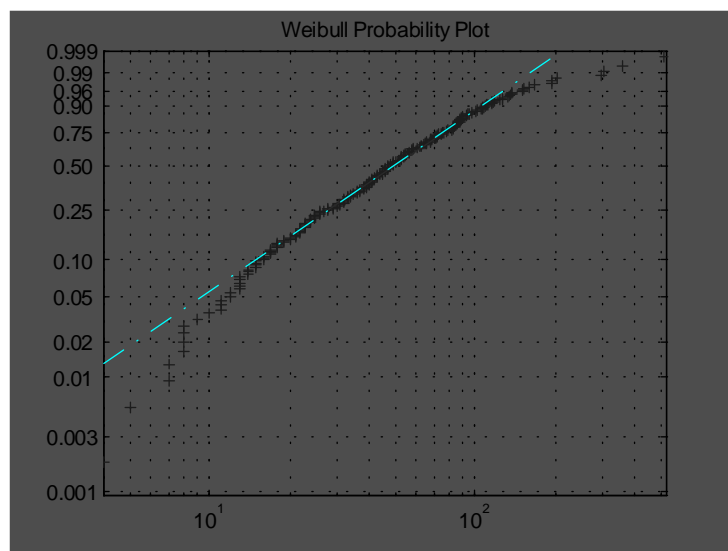
Kuva 14. Erään painokoneen kuntoonlaittoaikojen histogrammi, kun kuntoonlaitto ei ole vaatinut paperirainan vaihtoa tai taittotavan muuttamista.

Jos jonkin ominaisuuden arvo ei vaikuta olevan riippuvainen ennakkoon tiedossa olevista tekijöistä, ennakoinnissa on tyydyttävä käyttämään pohjana tietoa ominaisuuden jakaumasta ja sen perusteella valittua edustavaa tunnuslukua. Todennäköisyyslaskennassa on määritetty iso joukko diskreettejä ja jatkuvia jakaumia, jotka voidaan kuvata ja joiden antamia todennäköisyyksiä voidaan laskea matemaattisesti määritettyjen kaavojen avulla. Jos aineisto sovitautuu hyvin johonkin tunnettuun jakaumaan, voidaan tätä tietoa käyttää tekijän käyttäytymisen ymmärtämiseen ja ennustamiseen. Tärkeä jakaumien soveltamisalue on simulointi, jossa ei tarvitse käyttää laajaa tuotannosta kerättyä dataa, jos jakauman muoto tunnetaan. Siinä voidaan käyttää satunnaislukuja, jotka noudattavat kyseiselle valmistusprosessille ominaista jakaumaa. Jakaumia kuvaavissa kaavoissa on 1 - 2 parametria ja niiden arvoista riippuen samakin jakauma saattaa saada hyvin erilaisia muotoja.

Yksi tuotantoprosessien kuvaamisessa kiinnostava jakauma on weibull-jakauma, jonka ulkonäkö vaihtelee huomattavasti sen muodon määrittävän kertoimen (α) mukaan (Kuva 15). Jakauma voi saada vain positiivisia arvoja ja sitä käytetään tyypillisesti kuvaamaan toimenpiteiden keston pituutta (Imagine That 1995). Projektissa kokeiltiin, miten hyvin weibull-jakauma voisi kuvata kuntoonlaittoaikojen pituutta. Nähdään (Kuva 16), että weibull-jakauma vaikuttaa sopivan kuntoonlaittoaikojen kuvaamiseen.



Kuva 15. Neljä esimerkkiä weibull-jakaumasta. Jakauman muoto vaihtelee huomattavasti sen muotoparametrin α -arvon mukaan. (Law & Kelton 1991).

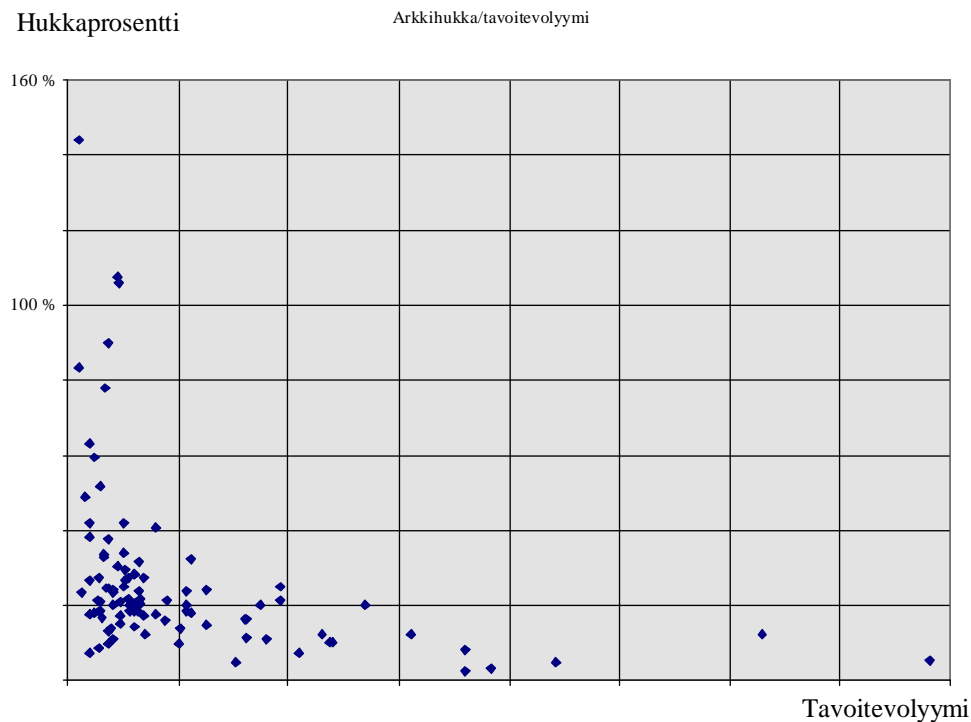


Kuva 16. Kuntoonlaittoajan jakauman istuvuus weibull-jakaumaan (mitä lähemmäksi kuvaan piirrettyä suoraa havintopisteet sijoittuvat, sitä paremmin ai-neisto noudattaa weibull-jakaumaa).

4.2.2 Esimerkkianalyysit ja ennustavien ja selittävien regressioyhtälöiden laatiminen

4.2.2.1 Materiaalihukka

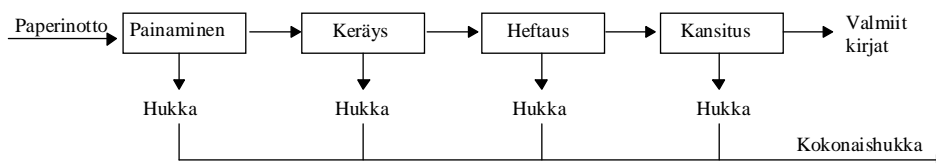
Hukan merkitys kustannustekijänä näkyy kuvasta 17, jossa on esitetty painovaiheen hukan suuruuden suhde tavoitevolyyymiin kahdesta painokoneesta. Tavoitevolyyymi tarkoittaa tavoitepainosmäärää kerrottuna työn erilaisten arkkien lukumäärällä. Pienillä volyyymeilla, ja erityisesti, jos pieni volyyymi johtuu pienestä painosmäärästä, hukan osuus nousee tällaisissa perinteisiä painomenetelmiä käyttävissä prosesseissa suhteettoman suureksi eli voi olla jopa suurempi kuin lopputuotteiden edellyttämä arkkimäärä.



Kuva 17. Painovaiheen hukka suhteutettuna tavoitevolyyymiin (tavoitevolyyymi = tavoitepainos* erilaisten arkkien lukumäärä).

Hukan aiheuttajana painovaihe on merkitsevin. Yhdessä analysoiduista yrityksistä muiden valmistusvaiheiden yhteenlaskettu hukka oli suuruudeltaan hieman alle puolet painovaiheen hukasta. Muissa yrityksissä tulokset olivat samansuuntaisia. Varsinaisissa valmistusvaiheissa syntyvän hukan lisäksi hukaksi voidaan tulkita myös yli tavoitepainoksen valmistetut kirjat. Oman ongelmansa aiheuttavat vajoiksi jäävät painokset, jotka pahimmillaan voivat aiheuttaa isoja lisäkustannuksia, mikäli asiakas vaatii saada juuri tilaamansa määrän.

Materiaalihukkaa tarkasteltiin kirjanvalmistuksessa työvaihekohtaisesti tavoitteena saada rakennettua vaiheittaisesti aina paperiottoon asti etenevä laskentamalli. Lähtökohtana on tavoiteltu kappalemäärä, johon lisätään viimeisen valmistusvaiheen eli kansituksen ennustettu hukka. Näin saatu määrä on sitten seuraavan työvaiheen tavoite, johon taas lisätään kyseisen vaiheen ennustettu hukka. Kuva 18 ilmentää laskentatavan taustalla olevaa prosessin hahmotustapaa. Tällainen käsitteilytapa on välttämätön, jos tuotteilla on hyvin vaihtelevia valmistusreittejä. Vaiheittaisen tarkastelun avulla oletettiin myös pystyttävän tunnistamaan tarkasti vaihekohtaisesti hukkaan vaikuttavat ominaisuudet.



Kuva 18. Materiaalihukan syntyminen kirjanvalmistusprosessissa. Tarvittava paperin sisäänottomäärä saadaan lähtemällä liikkeelle tarvittavasta loppu- tuotemäärästä ja lisäämällä siihen eri vaiheiden ennakoitua hukkamääriä.

Projektissa tarkasteltiin eri painotaloista saatuja aineistoja. Hukkaa tarkasteltiin sekä absoluuttisena arkki- tai blokkihukkana että hukkaprosenttina. **Selitettävänä muuttujana** päädyttiin käyttämään **absoluuttista hukkaa**, koska siitä ilmeni tilastollisesti nollassa poikkeavia korrelaatioita. Syy siihen, että hukkaprosentista ei tällaisia korrelaatioita löytynyt, on ilmeisesti se, että hukkaprosentti on johdettu suure, johon vaikuttavat sekä hukan määrä että painosmäärä. Siten on eri tekijöiden vaikutus absoluuttiseen hukkamäärään ilmeisesti helpommin osoitettavissa.

Materiaalihukkamäärien ennakoissa käytetty tilastollinen menetelmä oli **regressioanalyysi**, jonka avulla pystytään tunnistamaan monen tekijän yhdysvaikutus tarkasteltavaan ilmiöön, jos tällainen yhdysvaikutus on olemassa. Yksittäisten tekijöiden merkitystä tarkasteltiin **sirontakuvioiden** ja **korrelaatiokertoimien** avulla.

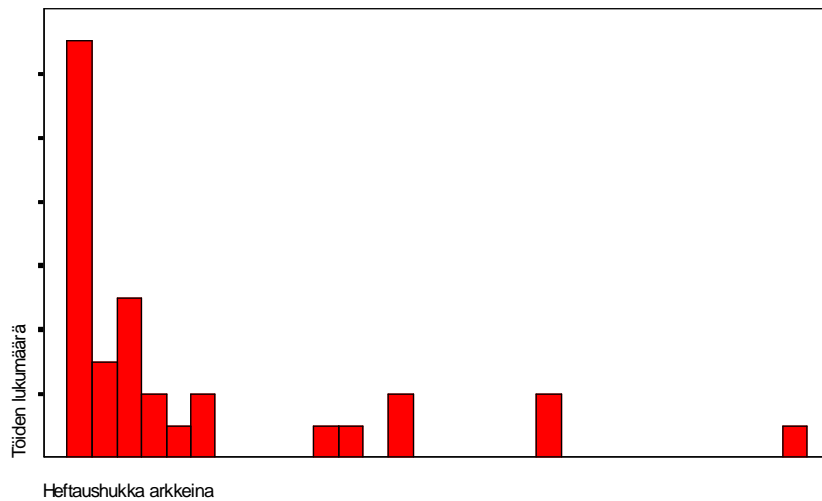
Taulukkoon 4 on koottu eri painotaloissa tehtyjen hukka-analyysien tuloksena parhaiten **hukkamäärän ennakointiin soveltuvien regressioyhtälöiden** selityksaste ja selittävät tekijät. Huomio kiinnittyy ennen kaikkea siihen, että selityksasteet jäivät pääosin mataliksi ja että **selittävinä tekijöinä** on vain poikkeustapauksissa muita tekijöitä kuin **erilaisten arkkien määrä** tai **tavoitepainos** joko yksinään tai yhdistelmänä tai niistä johdetut muuttujat. Jos muilla tekijöillä oli tällaisia vaikutussuhteita, ne jäivät ainakin tämän projektin aineistossa merkityksettömiksi näiden päätekijöiden rinnalla.

Taulukko 4. Eri valmistusvaiheiden hukkamäärän ennakointiin soveltuvat regressioyhtälöt, niiden selitysasteet ja selittävät tekijät. + = ominaisuuden kasvu lisää hukkaa, - = ominaisuuden kasvu vähentää hukkaa.

Vaihe	Selitysaste (Adjusted R ²) %	Selittävät tekijät
Painokone 1	52	+ Erilaisten arkkien lukumäärä
Painokone 1	58	+ Erilaisten arkkien lukumäärä + Tavoitepainos
Painokone 2	13	+ Erilaisten arkkien lukumäärä
Painokone 2	26	+ Erilaisten arkkien lukumäärä + Tavoitepainos
Painokone 3	37	+ Tavoitevolyyymi (tavoite- painos*erilaisten arkkien lkm) - Paperin kaliberi
Painokone 4	35	+ Tavoitevolyyymi
Keruukone 1	32	+ Erilaisten arkkien lukumäärä + Tavoitepainos
Taittäminen, yritys A	45	+ Tavoitepainos ²
Taittäminen, yritys A	39	+ Tavoitepainos + Arkin sivumäärä
Kansitus koviin kansiin, yritys B	35	+ Tavoitepainos
Liimasidonta pehmeisiin kansiin, yritys C	17	+ Tavoitepainos

Regressioyhtälöiden muodostaminen ei onnistunut lankanidonnasta ja yhden yrityksen kansituslinjasta, koska mikään käytössä ollut tekijä ei selvittänyt riittävästi hukkamäärää. Näissä tapauksissa myös hukkan määrä oli keskittynyt suhteellisen suppealle alueelle, mikä lankanidonnan osalta käy ilmi oheisesta kuvasta (Kuva 19). Siten on varsin luontevaa ottaa hukkan määrän ennakoinnissa ennustearvoksi aineiston tyypillisiä tapauksia edustava vakio. Lankanidonnan hukkamäärän ennakoinnin vaikeudet ovat itse asiassa hyvin ymmärrettävissä, koska väärin ommellut arkit voidaan yleensä ommella uudelleen, ja hukka on tarvittaessa eliminotavissa lähes kokonaan.

Materiaalihukkaa ennustavien regressioyhtälöiden lisäksi muodostettiin myös joitakin **materiaalihukkaa selittäviä yhtälöitä**. Jos mukaan otettiin selittäväksi tekijäksi **paperiotto** saatiin jopa yli 90 %:n selitysasteita. Tämä kertoo siitä, että kaikki otettava paperi kulutetaan (ainakin materiaalikirjanpidon mukaan).



Kuva 19. Lankanidonnan hukkamäärät eräässä tarkastellussa prosessissa.

4.2.2.2 Rotaatiopainokoneen nettotuotantonopeuden ennustavat regressioyhtälöt

Rotaatiopainokoneen tuotantonopeutta ennustavien regressioyhtälöiden muodostamiseksi oli käytössä seuraavat tiedot:

- paperin neliöpaino
- rataleveys
- arkin sivumäärä
- tuotanto- eli taittotapa
- painolevyjen lukumäärä
- painosmäärä
- työn tyyppi (yhdelta koneelta) ja
- värimäärä (yhdelta koneelta).

Kun otetaan huomioon rotaatiopainoprosessin monimutkaisuus tätä tietojoukkoa voidaan pitää suppeana. Pyrkimys tuotantonopeuden ennakointiin näiden tietojen avulla on kuitenkin perusteltua, koska tämän tyyppiset tiedot ovat käytettävissä työstä sen määrittämissä vaiheissa, ja esimerkiksi kapasiteetin käyttösuunnitelma on tehtävä tällaisten tietojen avulla.

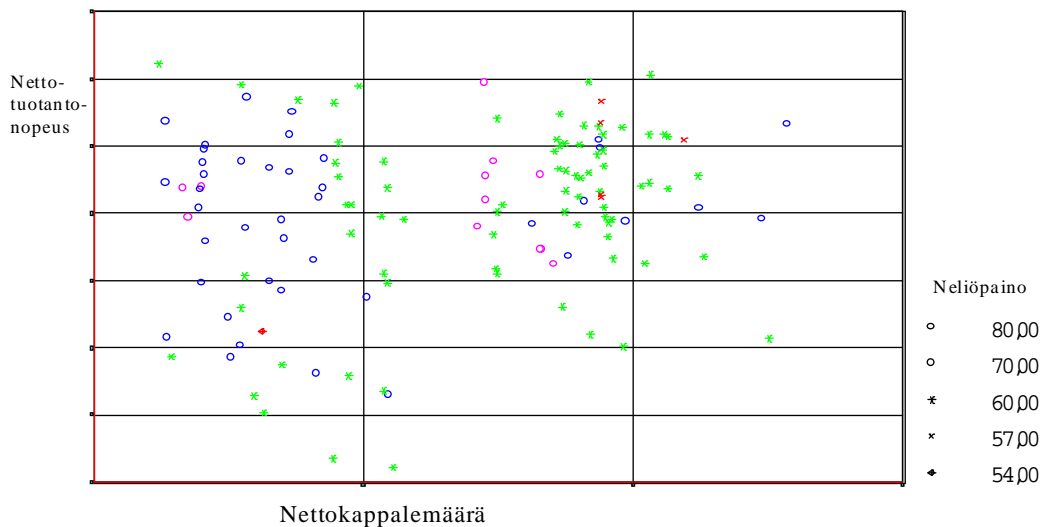
Analyysi tehtiin neljältä eri rotaatiokoneelta viiden kuukauden jaksolta kertyneelle aineistolle. Näissä tiedoissa ei juurikaan vaikuttanut olevan virheellisyksiä, joten aineistoa ei tältä osin jouduttu karsimaan muutamia yksittäisiä tapauksia lukuunottamatta. Virheettömyys johtui siitä, että valtaosa tiedoista saatiin suoraan koneen anturointi- ja ohjausjärjestelmän kautta.

Lukumääräisesti runsaan aineiston saaminen rotaatiokoneilta ei ollut ongelma, koska pääosa tiedoista kirjautui automaattisesti koneen ohjausjärjestelmään, ja analyysit tehtiin pelkästään sinne tallentuneiden tietojen avulla. Aineiston edustavuus ei kuitenkaan ollut niin laaja kuin sen lukumäärän perusteella olisi voinut odottaa olevan. Esimerkiksi eräältä painokoneelta oli tiedot 127 arkista, joista 51

% oli painettu samaa neliöpainoa olevalla paperille. Saman verran näistä töistä oli tuotettu yhdellä ja samalla taittavalla. Tarkastelemalla taittavien ja neliöpainojen kombinaatioita voitiinkin havaita, että aineistossa oli esimerkkejä 18 tapauksesta, kun mahdollisia kombinaatioita oli periaatteessa 35 kappaletta. Vain neljästä kombinaatiosta oli yli kymmenen esimerkkitapausta.

Paras löydetty regressioyhtälö saavutti **31 %:n selitysasteen**. Tämän regressioyhtälön käyttöä nettotuotantonopeuden ennustamisessa verrattiin keskiarvon käyttöön. Vertailu tehtiin jakamalla aineisto kahteen osaan niin, että regressioyhtälön parametrien arvot ja keskiarvo laskettiin satunnaisesti valitun aineiston osan (258 työtä eli 77 % aineistosta) perusteella ja loppuosaan aineistosta (79 työtä) sovellettiin näitä ennustetapoja. Ennustetta verrattiin laskemalla ennustettujen ja toteutuneiden nettotuotantonopeuksien toiseen potenssiin korotettujen erotusten summa (keskineliövirhe). Vertailutapa rankaisee nimenomaan suurista poikkeamista. Vaikka regressioyhtälön selitysaste ei ollut yllä mainittua korkeampi, oli sen keskineliövirhe vain 46 % keskiarvon tuottamasta virheestä. Tämä osoittaa, että **melko matalankin selitysasteen omaavat regressioyhtälöt voivat tuottaa parempia ennusteita kuin pelkkien keskiarvojen antamat**.

Tuloksen **hyödynnettävyyttä heikentää** kuitenkin kaksi seikkaa. Ensinnäkin ennusteiden välinen **absoluuttinen ero on pieni**. Toiseksi **nettotuotantoajan ulkopuolisista tekijöistä**, kuten painokoneiden vikaantumisesta ja levyjen uusimisesta, aiheutuu selvästi suurempia **aikaheittoja** kokonaistuotantoaikaan, kuin mitä ennustetarkkuuden parantamisella on saavutettavissa.



Kuva 20. Erään rotaatiopainokoneen samalla tuotantotavalla ja samalla rataleveydellä tehtyjen töiden nettotuotantonopeudet. Suurin nettotuotantonopeus on lähes 40 % suurempi kuin pienin nettotuotantonopeus.

Yhdeltä tarkastellulta painokoneelta oli koottavissa iso joukko samalla tuotantotavalla ja samalla rataleveydellä eri neliöpainoiselle paperille painettuja arkkeja (Kuva 20). Kuvasta on nähtävissä lievää tendenssiä siihen suuntaan, että nettokappalemäärän kasvu nostaa saavutettavaa nettotuotantonopeutta ja vähentää hajontaa. Päähavainto kuitenkin on, että hajonta on suurta samanlaiseltakin vaikuttavien töiden kesken. Parhaimman ja heikoimman arkin välinen ero nettotuotantonopeuksissa oli lähes 40 %. Kuva 20 osoittaa havainnollisesti sen, miksi regressioyhtälöiden selityksasteet jäivät mataliksi. Olisikin syytä tehdä painoprosessien jatkotarkastelua sen selvittämiseksi, löytyykö uusia selittäviä tekijöitä näin suurelle hajonnalle ja jos löytyy, ovatko ne sellaisia, että niihin voidaan vaikuttaa.

4.2.2.3 Läpimenoajat

Kolmantena tietojärjestelmiin kerätyn tiedon käytön kohteena oli läpimenoaikojen analyysi kirjatutannossa alkaen arkkiaseinnista. Tavoitteena oli pyrkiä tunnistamaan **tuotteiden ja prosessien läpimenoaikaan vaikuttavat kriittiset ominaisuudet** ja saada siten tietoa prosessin kehittämismahdollisuuksista. Kokonaisläpimenoajan lisäksi tarkasteltiin vaiheen aloitusta edeltäneitä odotusaikoja, vaiheen suunnitellun aloituksen pitävyyttä, toimitusaikapitoa ja osien täsmäytyksen onnistumista.

Analyysi tehtiin poimimalla yrityksen tietokannasta tarvittavat tiedot kolmen kuukauden jaksolta. Ajallista otosta käytettäessä kokonaisläpimenoaikojen tarkastelusta oli pyrittävä poistamaan sellaiset työt, joiden koko valmistusta ei oltu tehty tällä jaksolla. Vaiheittaisia tarkasteluja tehtäessä mukaan otettiin kaikki työt, joita kyseisessä vaiheessa oli tehty.

Läpimenoajat poikkeavat aiemmin tarkastelluista tapauksista siinä, että tarkasteluissa ja tunnuslukujen laskennassa on otettava mukaan suoritusajankohtaa koskeva tieto. Läpimenoaikojen histogrammi tai box-plot-kuva kertoo, mitä suuruusluokkaa läpimenoajat ovat ja onko niissä suurta vaihtelua. Kuitenkin on kiinnostavinta tarkastella, millaisia läpimenoajat ovat kiinnitettyinä joko työn aloitus- tai valmistumisajankohtaan. Jos läpimenoajat poikkeavat eri ajankohtina selvästi toisistaan, summaavien tunnuslukujen, kuten keskiarvojen, laskennassa ei tule laskea yhteen kovin pitkän aikavälin tietoja.

Oletuksena analyysin aloittamisessa oli, että mitä enemmän työvaiheita tuote vaatii, sitä pitempi on sen läpimenoaika. Näin ei tilanne kuitenkaan aina ollut, vaan esimerkiksi pehmeäkantisten kirjojen läpimenoaika osoittautui keskimäärin selvästi pitemmäksi kuin kovakantisten kirjojen, vaikka prosessissa on vähemmän työvaiheita. Syynä oli, että läpimenoaikoihin vaikuttavat teknisiä ominaisuuksia merkittävämmän valmistuksen kuluessa tehtävät ohjauspäätökset. Tarkasteluajankohdasta kovakantiset kirjat eli kaunokirjallisuus oli ollut kaikkein tärkeintä.

Analysoidussa tapauksessa pystyttiin tunnistamaan ruuhkautuneita tai läpimenoajan pidentymistä aiheuttavia vaiheita tai ominaisuuksia, kunhan tuotteet oli ensin luokiteltu riittävän tarkasti. Kokonaisaineistosta päätelmiä oli vaikea tehdä, koska eri syistä johtuvaa hajontaa oli paljon (ohjauspäätökset, satunnaiset tekijät, virheet, muutokset yms.). Oikeilla ja riittävän tarkkoilla rajauksilla pystyttiin löytämään toisistaan poikkeavia ryhmiä ja läpimenoaikoihin vaikuttavia tekijöitä. Tulosten saamiseksi on siis tärkeää löytää oikea luokittelutapa aineistolle.

Myös regressioanalyysia kokeiltiin läpimenoaikojen pituuden selittämisessä ja ennustamisessa, mutta saatujen yhtälöiden selitysasteet jäivät hyvin mataliksi. Yksi saatu regressioyhtälö oli kuitenkin kiinnostava sen tulkintamahdollisuuden johdosta. Yhtälössä on selittävänä tekijänä erilaisten arkkien lukumäärä. Se oli tulkittavissa niin, että vakiotermin kertoo arkkien odotusajan ja arkkien lukumäärän perusteella saatava tekijä kertoo varsinaisen tekemisen vaatiman ajan.

Läpimenoaikojen analyysissä käytettiin jonotuksesta kertovana lukuna vaihetta edeltäneen odotusajan pituutta. Toinen mahdollinen tunnusluku olisi ollut jonojen pituus, mielellään vielä volyymi huomioon ottaen. **Jononpituus** kertoo odotusajoja suoremmin ja konkreettisemmin tuotannon ruuhkautumisesta. Näiden kummankin luvun tulkinnassa on kuitenkin muistettava, että suuret luvut eivät aina kerro ruuhkasta, vaan jonon pituus voi seurata toimintatavasta eli siitä, että aineistot tehdään valmiiksi odottamaan, eikä niitä ole suunniteltukaan otettaviksi heti tuotantoon (esim. painolevyt). Sitä vastoin **vaihetta edeltävän odotusajan** pituus kertoo jonon pituutta paremmin töiden keskinäisestä etenemisjärjestyksestä: jono voi pysyä tasapitkinä, ja tilanne näyttää olevan kunnossa, vaikka todellisuudessa tietyt samat työt seisoisivat koko ajan jonossa ja kiiretyöt ohittaisivat ne koko ajan. Tämä paljastuu sitä vastoin helposti odotusajoissa: ensin tulee töitä, joilla ei ole odotusaikaa tuskin lainkaan, mutta sen jälkeen tulee töitä, joissa odotusaika on pitkä.

Läpimenoaikojen analyysissä käytettiin normaalien kirjausrutiinien tietojärjestelmiin tuottamia tietoja. Töiden rakennekuvaus ei kaikilta osin tukenut läpimenoaikojen, vaiheita edeltäneiden odotusajojen ja osien täsmäytyksen ajallisen onnistumisen arviointia, vaan tietojen esiinotto vaati paljon aineiston järjestyä ennen haluttujen tietojen selviämistä. Jos läpimenoaikojen ja toimitusvarmuuden seuranta otetaan jatkuvaksi rutiiniksi ja läpimenoajat toiminnan onnistumista kuvaavaksi tunnusluvuksi, seurannan käynnistämisen yhteydessä on tehtävä selvät peli- ja laskentasäännöt esimerkiksi siitä, milloin työ katsotaan aloitetuksi (esim. kansia saatetaan joskus kirjata aloitetuiksi hyvin aikaisin) ja mitä käytetään tavoiteltuna toimitusaikapäivänä: tehdäänkö arvio suhteessa alunperin suunniteltuun vai viimeisimpään sovittuun toimitusaikaan ja kirjataanko toimitusaikamuutosten lukumäärät. Myös eri osien valmistusaikojen samanaikaisuuden seuraamista varten olisi järkevää laatia valmiit laskentarutiinit. Töiden luokittelu sen mukaan, millaiset läpimenoaikatavoitteet niille on asetettu nopeuttaisi myös tilanteen seuraamista ja oikeiden johtopäätösten tekemistä.

Tilastollisilla menetelmillä pystytään tuottamaan luotettava kuva läpimenoajoista yhdessä kuormitus-, ohjaustapa- ja kapasiteettitilanteessa. Tältä pohjalta voidaan

antaa ehdotuksia toiminnan kehittämiseksi. Ehdotettavien muutosten vaikutusten arviointi jää kuitenkin oletusten ja arvailujen varaan. Läpimenoaikojen hallitsemisen ja lyhentämisen tutkimiseksi tarvitaan täydentäviä menetelmiä, lähinnä simulointia. Simulointia voidaan kutsua ennakoivan analyysin työkaluksi. Myös simuloinnin tulosten tulkinta edellyttää tilastollisia menetelmiä. Samaa analyysimekanismia voidaan ja tulisikin käyttää sekä todellisessa että simuloidussa tilanteessa. Näin voidaan myös tutkia ja ylläpitää mallin ja todellisuuden vastaavuutta.

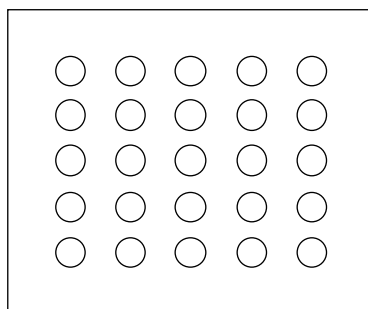
Simulointityökalut ovat kehityksessä käyttäjäystävällisemmiksi ja hinnaltaan edullisimmiksi, joten niiden soveltamiskynnys ei enää ole yhtä korkea kuin ennen. Projektissa kokeiltiinkin suppeasti erästä hinnaltaan edullista, mikrotietokoneympäristössä toimivaa simulointiohjelmaa, jolla voidaan kuvata tuotantoprosessi ja testata ohjaustapojen, työkuorman ominaisuuksien ja kapasiteetin määrän muuttamisen vaikutuksia läpimenoaikoihin ja vaiheita edeltävien jonojen pituuksiin. Kokeilu jouduttiin kuitenkin rajaamaan projektin resurssitilanteen takia kuvitteellisen esimerkkiaineiston käyttöön, jolloin päästiin vain testaamaan ohjelman yleistä käytettävyyttä ja simulointimallin rakentamista.

4.3 NEUROVERKKOJEN SOVELTAMINEN

4.3.1 Taustaa ja teoriaa

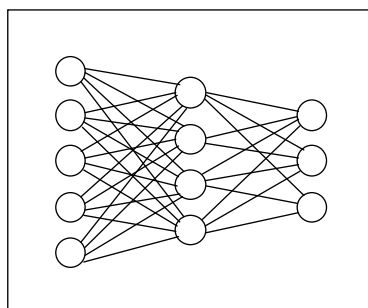
Neuroverkkoihin liittyvä tutkimus ja kehitys ovat viime vuosina saavuttaneet sen tason, että käytännön sovelluksia voidaan yhä useammin toteuttaa. Neuroverkkojen tutkimuksessa on kaksi päälinjaa: aivojen toimintaa kuvaava linja sekä fysiologisista vastineista riippumattomien algoritmien linja. Neuroverkon älykkyyttä voidaan väittää aidoksi älykkyydeksi, koska se pystyy yhdistämään oppimansa kokemuksen ja toimimaan oppimateriaaliinsa perustuen järkevästi uudessakin tilanteessa. Perinteisissä tekoälyjärjestelmissä on totuttu hyväksymään pelkästään älykkäältä vaikuttava toiminta, jonka taustalla on suuri joukko ohjelmoituja sääntöjä esim. matemaattisia kaavoja. Kun tietokoneita on aina perinteisesti jouduttu ohjelmoimaan, jotta ne saadaan käyttäytymään tahdotulla tavalla, oppii neuroverkko itse automaattisen toimenpiteen avulla. Huomattakoon kuitenkin, että neuroverkkojen varsinainen teoria on vielä osin hapuilevaa sisältäen runsaasti pelkästään kokeiluun perustuvia valintoja.

Itsejärjestäytyvä kartta (SOM - Self Organizing Map, Kohosen kartta) on professori Teuvo Kohosen v. 1982 julkistama menetelmä, minkä takia usein puhutaan Kohosen kartasta. Menetelmän paras ominaisuus on sen visuaalisuus. Visuaalisuuden ansiosta verkon antamaan tietoon voi yhdistää entistä arvokasta kokemusta ja päästä helpommin parempaan lopputulokseen. Syyt eli tulot ja seuraukset eli lähdöt ovat samanarvoisessa tilanteessa. Koska Kohosen kartan perusrakenne ja toimintatapa ovat varsin pelkistettyjä, kartta on käyttökelpoinen sekä teoreettisissa tarkasteluissa että käytännön sovelluksissa (Kuva 21).



Kuva 21. Itsejärjestävä kartta, jossa on 25 neurosolua.

Back Propagation (BP) on amerikkalaisten v. 1986 julkistama menetelmä, jonka vahvin etu on sen lähtöfunktion jatkuvuus. BP:ssä ihmisen tietoa on vaikea yhdistää neuroverkon tietoon, mikä laskee BP:n käyttöarvoa. BP-verkon topologiaa määriteltäessä joudutaan ratkaisemaan, mitkä suureet ovat tuloja ja mitkä lähtöjä. (Kuva 22)



Kuva 22. Back Propagation-neuroverkko, jossa on yksi piilotaso.

Neuroverkoilla on toteutettu pilottiprojekteja mm. kaivos-, petrokemian-, vesilaitos-, biologisten- ja paperin valmistuksen prosesseista. Tyypillisiä sovelluksia ovat olleet erilaiset luokittelut ja hahmontunnistus. Lisäksi neuroverkkoja on käytetty ennustamaan tulevaisuutta kuten asiantuntija tekee esim. valuuttakursseissa. Toimivuuden kannalta on tärkeintä, että opetukseen käytetty tieto on luotettavaa. On myös huomattava, että mitä useampia suureita käsitellään sitä varmempaa on, että suuri joukko mittauksista on aivan liian epävarmoja. Vastoin yleistä käsitystä neuroverkon häiriönsiedosta kerätystä tiedosta tulee huolella poistaa niin paljon virheitä kuin mahdollista ennen neuroverkon opetusta. Neuroverkkojen opettamisessa puhutaan yliopettamisesta, jolla tarkoitetaan tilannetta, jossa verkko takertuu epäolennaisiin muutoksiin. Tämän ehkäisemiseksi suureita painotetaan opetuksessa niiden tärkeyden mukaan.

Neuroverkkojen tärkeimpiä etuja on mahdollisuus epälineaarisiin kuvauksiin syöte- ja tulostietojen välillä. Neuroverkkoja sovellettaessa ei myöskään tarvitse olla täsmällistä tietämystä tämän riippuvuussuhteen luonteesta. Se on kuitenkin myös neuroverkkojen heikkous, koska neuroverkon käytön avulla ei välttämättä opita ymmärtämään todennettua riippuvuussuhdetta. Neuroverkon opettamiseen tarvi-

taan käytännössä iso määrä aineistoa, mikä voi myös muodostua kynnykseksi niiden soveltamisessa.

4.3.2 Neuroverkko-ohjelmalla saadut tulokset

Neuroverkkojen sovelluskoe tehtiin Neural-MILL-nimisellä ohjelmalla, joka on tavallisessa PC:ssä toimiva suomalainen off-line-neuroverkko-ohjelma. Tiedot syötetään siihen taulukkolaskentaohjelman avulla (esim. Excel), minkä jälkeen neuroverkon opetusvaihe ajetaan läpi. Ohjelmalta voi kysyä ennusteita ilman rajoituksia.

Verkko on metodiltaan itsejärjestyvä kartta. Opetuksen jälkeen se muodostaa kullekin suurelle yksilöllisen kartan säilyttäen opetuksen topologian. Näitä karttoja vertailemalla voidaan etsiä tehokkaasti suureiden välisiä riippuvuuksia. Ohjelmaa voidaan lisäksi pyytää laskemaan perinteiset eri suureiden väliset korrelaatiokerroimet, mikä helpottaa edelleen riippuvuuksien löytämistä. Vaikka ohjelma on tehty sellaiseksi, ettei varsinaista neuraalilaskennan teoriaa tarvitse hallita, on osoittautunut hyödylliseksi ymmärtää neuroverkon toimintaa periaatteellisella tasolla.

Oheisessa taulukossa (Taulukko 5) on esitetty painamisen hukalle eri neuroverkko- ja matemaattisilla malleilla tehtyjen ennusteiden virhe prosenttina toteutuneesta arvosta. Kaikki mallit on tehty aineiston A perusteella, ja niitä on testattu sekä aineistolle A että aineistolle B, joka oli vastaavan tyyppinen painokone toisesta tuotantoympäristöstä. Taulukossa on esitetty mallin tunnus, mallin suhteutettu selityskerroin, ennusteen virheen keskiarvo aineistoissa A ja B sekä mallien selittävät tekijät. Taulukon mukaan matemaattisten mallien ennusteen poikkeaman keskiarvo toteutuneesta oli 48 - 62 % ja neuroverkkomallien välillä 46 - 58 % aineistossa A. Aineistossa B vastaavat välit olivat 50 - 64 % matemaattisille malleille ja 47 - 81 % neuroverkkomalleissa. Tässä on nimenomaan esitetty poikkeaman keskiarvo. Ennusteet ovat sisältäneet näitä keskiarvoja sekä selkeästi parempia tai huonompia ennusteita. Keskiarvovirheen perusteella neuroverkoilla saavutettiin hieman parempia tuloksia kuin matemaattisilla malleilla, mutta käytännön merkitystä tällä erolla ei ole.

Taulukkoon 6 on koottu muutamia malleja, joille testit on tehty suodattamalla aineistosta on ääriarvoja pois. Suodatusten jälkeen matemaattisten mallien ennustevirheen keskiarvot olivat 32 % ja 40 % aineistossa A ja 23 % ja 24 % aineistossa B. Neuroverkkomallien vastaavat arvot olivat aineistossa A 33 % ja 39 % ja aineistossa B 27 % ja 40 %. Ennusteet paranivat odotusten mukaisesti. Matemaattisilla ja neuroverkkomalleilla saavutettiin näissäkin testeissä käytännössä samanarvoisia tuloksia.

Taulukko 5. Neuroverkkomallien ja matemaattisten mallien ominaisuudet.

Malli	Adj. R ²	Aineisto A %	Aineisto B %	Selittävät tekijät
1	0,602	62	50	+ Rotaatioarkkien lukumäärä
2	0,425	56	64	+ Rotaatioarkkien lukumäärä + Tavoitepainos
5	0,633	48	51	+ Rotaatioarkkien lukumäärä + Tavoitepainoksen toinen potenssi
N1		46	81	Rotaatioarkkien lukumäärä
N2		58	47	Rotaatioarkkien lukumäärä Tavoitepainos
N3		48	48	Rotaatioarkkien lukumäärä Tavoitepainos
N4		59	63	Paperin nimi 14 eri tekijää

Taulukko 6 Suodatetun aineiston tulokset.

Malli	Adj. R ²	Aineisto A %	Aineisto B %	Selittävät tekijät
1s	0.602	40	24	+ Rotaatioarkkien lukumäärä
5s	0.633	32	23	+ Rotaatioarkkien lukumäärä + Tavoitepainoksen toinen potenssi
N1s		39	40	Rotaatioarkkien lukumäärä
N2s		33	27	Rotaatioarkkien lukumäärä Tavoitepainos

Malleja muodostettiin enemmän kuin taulukkoon 7 on kuvattu. Malleja testattiin myös aineistojen A ja B suurten painosten tölle erikseen. Oheisessa taulukossa on vertailtu kaikkien tehtyjen matemaattisten- ja neuroverkkomallien suorituskykyä. Merkintä M tarkoittaa matemaattista mallia ja merkintä N neuroverkkomallia. Merkintä s tarkoittaa, että aineistoa on testattu siten, että erikoistapauksiksi tulkitut arvot on ennen testausta suodatettu pois. Taulukossa on erikseen vertailtu etsimällä kaikista matemaattisista- ja neuroverkkomalleista paras yksittäinen malli (paras) sekä laskemalla toisaalta kaikkien matemaattisten mallien ja toisaalta kaikkien neuromallien keskiarvotulos ja katsomalla, kumpi oli parempi (KA). Eri vertailujen tulokset on koottu laskemalla ne yhteensä.

Vertailun mukaan paras yksittäinen ennuste löytyi useimmiten matemaattisesta mallista. Vertailtaessa ennusteiden keskiarvoja olivat matemaattiset ja neuroverkkomallit yhtä hyviä. Lukuarvoista oli nähtävissä ylipäättänsä, että neuroverkot antoivat keskimääräisempiä tuloksia kuin matemaattiset mallit. Matemaattiset mallit olivat ehdottomuudessaan helpommin enemmän oikeassa tai väärässä kuin neuroverkkomallit. Vertailussa oli matemaattisille malleille edullista se, että niitä oli lukumääräisesti enemmän ja että muutamat niistä olivat pikemminkin selittäviä kuin

ennustavia malleja. Neuroverkkomalleista nähdään, että samoin kuin matemaattisissa malleissa, muuttujien lisäys ei välttämättä paranna mallia.

Taulukko 7. Kaikkien laadittujen neuroverkkomallien ja matemaattisten mallien vertailu

Aineisto	Malli	KAIKKI SET		PAINOK- SUURET PAINOKSET		Yhteensä
		Paras	KA	Paras	KA	
A	M	1	0	1	1	4
A	N	0	1	0	0	1
A	Ms	1	1	1	1	5
A	Ns	0	0	0	0	0
B	M	0	0	1	0	1
B	N	1	1	0	1	4
B	Ms	1	1	*	*	3
B	Ns	0	0	*	*	0
Yhteensä	M	3	2	3	2	23
Yhteensä	N	1	2	0	1	9

Neuroverkoista voidaan todeta, että ne ovat ristiriitaisen aineiston kanssa suunnitteen yhtä huonoja tai yhtä hyviä kuin matemaattiset mallit. Aineiston oikeellisuuden ja tarkkuuden hyvyyttä ei voida siis niillä sivuuttaa sen enempää kuin matemaattisillakaan malleilla. Neuroverkot antavat kuitenkin harvemmin kuin regressioanalyysin antamat matemaattiset mallit hyvin paljon väärässä olevia ennusteita. Toisaalta matemaattista mallia voidaan vielä regressioanalyysin jälkeen muunnella, jos se katsotaan tarpeelliseksi.

Neuroverkkojen huonoja puolia on, etteivät ne ole samalla tavoin selittäviä eikä niitä voi parannella kuten matemaattisia malleja. Neuroverkkojen opettamisessa tarvitaan suuri määrä aineistoa. Tietyissä tilanteissa tulisi osata painottaa oikeita muuttujia, jotta neuroverkko ei takertuisi toissijaisiin asioihin ennusteita laatiesaan. Nyt käytetty aineisto oli varsin suppea neuroverkon opetukseen, jolloin havaittiinkin, että neuroverkko antoi ennusteenaan usein samoja lukuarvoja. Töiden lukumäärä ei ollut riittänyt opetusvaiheessa kovinkaan hienosyisen ennustealueen rakentamiseen.

Neuroverkkojen ja matemaattisten mallien ennusteominaisuudet todettiin testeissä käytännössä tasolla samanarvoisiksi. Käytetty neuroverkko-ohjelma oli off-line -tyyppinen. Suuntaus vie kuitenkin kohti on-line-neuroverkkoja. Puolinainen on-line on jo nyt helppo toteuttaa siten, että neuroverkko-ohjelma tutkisi esimerkiksi kerran tunnissa tehtaan tietokannan, ja jos se löytäisi uusia relevantteja tietoja, päivittäisi neuroverkon automaattisesti.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yritysten tietojärjestelmiin kertyneen tuotantotiedon analysoiminen osoittautui **tietojen kokoamisen** osalta ennakoitua työläämmäksi. Määrällisesti riittävän ja edustavuudeltaan kattavan tiedon saaminen vaati useissa tapauksissa varsin suuren lähtöaineiston, jotta aineistoa oli vielä sen karsimisen jälkeen käytettävissä riittävästi. Aineistoa jouduttiin karsimaan joidenkin tietojen puuttumisen tai virheellisyyksien takia.

Tuote- ja arkkirakenteiden koodaus ja materiaalinkulutustietojen kohdistaminen niille ei myöskään kaikilta osin tukenut tehdyn tyyppisiä analyysijä, vaan aineistoa jouduttiin muokkaamaan tarvittavien tietojen esiin saamiseksi, osin jopa yksitellen. Työ- ja arkkiryhmäkohtaisen paperinkulutuksen säännölliseksi seuraamiseksi yritysten olisi tarkennettava paperin kirjaustapoja ja työrakenteiden kuvaamista niin, että tiedot voitaisiin saada analyysien käyttöön suoraan halutussa muodossa.

Seuraavat **ominaisuudet** vaikuttivat olevan **tyypillisiä** normaalituotannosta kertyvälle tapahtumatiedolle:

- aineisto ei edusta tasaisesti keskeisimpien ominaisuuksien koko arvoaluetta, vaan tapaukset ovat keskittyneet joidenkin ominaisuuksien kombinaatioihin,
- arvojen hajonta on suurta ja
- arvojen jakaumat eivät noudata normaalijakaumaa.

Yrityksissä käytetään usein keskiarvoa joko sellaisenaan tai sopivaan ominaisuustietoon yhdistettynä ennustamaan jonkin tulevan tapahtuman arvoa. Ennen keskiarvon hyväksymistä aineistoa kuvaavana edustavana arvona, on siis syytä tarkastella ominaisuuden jakauman muotoa virhepäätelmiltä välttymiseksi.

Tuotantoaineiston perusteella pystyttiin osoittamaan **yhden tai kahden tärkeimmän tekijän vaikutus** tarkasteltuihin suorituskykylukuihin. Materiaalihukan osalta nämä tekijät olivat erilaisten arkkien lukumäärä ja tehtävä kappalemäärä. Eri-laisten arkkien lukumäärä kertoo kuntoonlaittohukasta, tehtävä kappalemäärä puolestaan tuotannon aikaisesta ajohukasta. Muiden tekijöiden vaikutus ei tullut juurikaan esiin, mikä voi johtua joko siitä, että vaikutuksia ei ole tai pikemminkin siitä, että vaikutus jäi prosessien hajonnan taakse ja siitä, että aineiston edustavuus oli vajavainen tällaisten ominaisuuksien suhteen.

Projektissa kehitettiin **vaiheittainen laskentamalli** tarvittavan paperioton määrittämiseksi ja taulukkolaskentaohjelmapihja laskentamallin soveltamiseksi (Bäck & Pitkänen 1996). Kun hukan määrään vaikuttavat tekijät on tunnistettu oikein, laskentamallin avulla saadaan vähennetyksi hukkaa ja pienennetyksi sitä riskiä, että materiaali loppuisi kesken edellyttäen, että hajonta on saatu kuriin. Nyt analysoitujen töiden hukkamäärissä oli suhteellisen suuria heittoja samanlaisilta vaikuttavien

töiden kesken. Syiden selvittäminen ja eliminointi on välttämätöntä todellisten hyötyjen aikaansaamiseksi.

Läpimenoajoista ei päästä kovin pitkälle pelkillä numeerisilla analyyseilla, vaan tueksi tarvitaan muita keinoja, kuten simulointi.

Tuotantotietojen analyysin tavoitteeksi on järkevää asettaa tyypillisten töiden ja ominaisuusryhmien löytäminen ja prosessien suorituskyvyn tunnistaminen näistä ryhmistä. Tuotantoaineiston hajanaisuuden ja normaalien tuotantoprosessien kontrolloimattomuuden takia yleisiä tai laajasti yleistettäviä “totuuksia” ei ole helposti löydettävissä. Päävaikutussuhteiden tunnistamisesta ja prosessin normaalin suoritustason ymmärtämisestä voidaan kuitenkin saada selkeitä hyötyjä, kun tätä tietoa käytetään kehityskohteiden valinnassa sekä prosessien ja kapasiteetin mitoituksessa.

Suorituskykylukujen ja materiaalihukkamäärien **hajonta on tärkeä seurattava tunnusluku**. Tässä projektissa analysoiduissa tapauksissa hajonta johtui joko prosessien todellisesta suuresta hajonnasta tai siitä, ettei tietoa ollut kaikista vaikuttavista tekijöistä, eli tällaisten tekijöiden vaikutus näkyi satunnaisvaihteluna. Todenäköisesti asiaan vaikuttivat molemmat syyt. Hajonnan pienentäminen tuo mukanaan monia etuja: prosessien toiminta tehostuu ja niiden ennustettavuus parantuu.

Tuotannosta kertyvän tiedon käytettävyyttä voidaan edistää **parantamalla** kerättävän **tiedon luotettavuutta**. Jos esimerkiksi jokaisen työn valmistuttua tehdään yhteenvetolaskelma, jossa tuloksia verrataan ennakoituihin tuloksiin, ja prosessin käyttäjille annetaan mahdollisuus kommentoida tulosta tai tarvittaessa korjata väärin kirjaantuneita tietoja, saadaan parempaa lähtötietoa analyyseihin. Tulosten seuraaminen voi parantaa myös prosessin käyttäjien ymmärtämystä prosessista ja siten prosessin toimintaa. Tapahtumatietojen automaattiseen keräämiseen kannattaa panostaa, koska siten vähennetään tietojen virheellisyyttä.

Tässä projektissa käytettiin melko suppeaa tietojoukkoa, erityisesti tuotanto-olosuhteita ja ajankohtia kuvaavaa tietoa oli niukasti. Sikäli, kun tällainen tieto on luotettavasti saatavissa, kannattaa se ottaa analyyseihin käyttöön.

Eri suorituskykytekijöiden analysoinnissa voidaan pitkälti noudattaa samaa etenemistapaa. Tärkeimmät **analyyseissä tarvittavat toiminnot** ovat:

- jakaumatunnuslukujen laskenta (keskiarvo, mediaani, kvartiilit, kvartiiliväli, keskihajonta, minimi, maksimi, huipukkuus, vinous)
- puuttuvien tietojen käsittely
- luokittelu vapaasti valittavissa olevien ominaisuuksien perusteella
- ryhmien keskiarvojen välisten erojen merkitsevyyden tutkiminen
- aineistojen ryhmittely ja valitseminen osa-aineistokohtaisia tarkasteluja varten
- histogrammien tuottaminen
- hajontakuvien tuottaminen
- aikaan sidottujen kuvien tuottaminen
- korrelaatiokertoimien laskenta

- regressioanalyysin tekeminen
- muunnosten tekeminen muuttujille
- aineiston sovittaminen eri jakaumiin ja sovittautumisen hyvyttä kuvaavien tunnuslukujen laskenta
- aineiston täydennettävyys (uusia muuttujia, uusia tapauksia)
- ajankohtatiedon helppo käsiteltävyys.

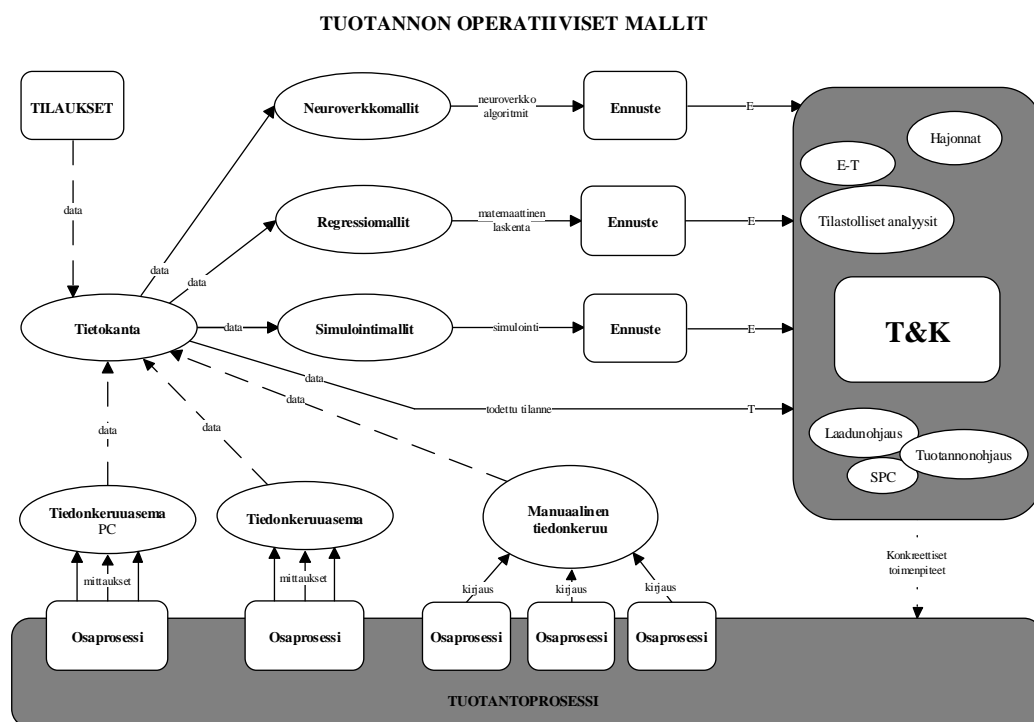
Neuroverkkomallien suorituskyky todettiin materiaalihukkamäärien ennakoinnissa nyt käytetyssä aineistossa samanarvoiseksi matemaattisten mallien suorituskyvyn kanssa. Neuroverkkojen huono puoli on, etteivät ne samalla tavalla selitä valmistusprosessia kuin matemaattiset mallit. Neuroverkkojen hyvä puoli taas on, että ne mukautuvat yleensä automaattisesti tuotantoprosessin vähittäisiin muutoksiin.

Prosessien ennustettavuus ei vaikuttanut käsitellyn aineiston perusteella kovin hyvältä. Toisaalla (Juhola & Korpiharju & Kuusisto & Vainikainen 1996) on myös osoitettu, että häiriöiden määrä esimerkiksi taittokoneilla on hyvin suuri, mikä kertoo samasta asiasta. Prosessin luotettavuuden parantaminen on selvästi se alue, johon panostamalla hyötyjä on saatavissa. Tämä edellyttää häiriöiden syiden tehokasta tunnistamista ja siihen liittyvää kehitystyötä. Prosessien huono ennustettavuus merkitsee tuotannonohjaukselle, että prosessin reaaliaikainen seuranta on tärkeää.

Talokohtaisia ratkaisuja kehitettäessä on otettava kantaa siihen, **millä tasoilla erilaiset analyysit ja seuranta- ja ohjaustoimenpiteet tehdään**. Graafisen alan järjestelmävalmistajien tarjontaan tehty katsaus osoitti, että kun koneiden ohjaus on saatu kehitetyksi riittävän pitkälle, järjestelmävalmistajat suuntaavat huomionsa toiminnanohjauksellisiin piirteisiin sekä useiden koneiden ja järjestelmien väliseen ohjaukseen. Tämä on jo nähtävissä prepress- ja painovaiheissa. Sitä vastoin jälkikäsitellyssä valmistajien huomio on vielä koneiden ohjaus-, esiasettelu- ja diagnosijärjestelmien kehittämisessä.

Prepress-alueella tiedonkeruu ja prosessien välitöntä ohjausta tukevat toiminnot sijoittuvat luontevasti prosesseihin, koska tiedonkeruu muilla menetelmillä on hankalaa tai mahdotonta. Painon ohjausjärjestelmien valmistajien tarjontaan sisältyy mm. työjonojen suunnittelu kone- tai koneryhmäkohtaisesti. Käytännössä on kuitenkin hyvin tärkeää koordinoita kokonaisuus, johon ei pelkillä osavaihekohtaisilla järjestelmillä päästä. IFRAtrack-tyyppisten suositusten avulla tällaisia järjestelmiä päästäisiin tehokkaimmin rakentamaan.

Simulointi on tulevaisuuden työväline “ennakoivassa” analyysissä. Sen käyttöönotto edellyttää, että simuloitavien prosessien suorituskyky tunnetaan. Jos tuotantoprosessien suorituskyvystä on käytettävissä vain karkeita tunnuslukuja, simuloinnin käyttöönotto vaatii laajaa tiedonkeruuta. **Simuloinnin käyttöönottoa ei oikeastaan voida ajatella ilman tuotantotietojen analysoinnin kehittämistä.**



Kuva 23. Näkemys tuotannon seurannan, ohjauksen ja arvioinnin tueksi käytettävistä malleista ja menetelmistä.

Oheisessa kuvassa on esitetty näkemys mallien ja tilastollisten menetelmien käytöstä tuotannon operatiivisissa tehtävissä (Kuva 23). Eri malleille on löydettävissä niiden luontevimmat sovellusalueet: neuroverkkomallit ovat parhaimmillaan, kun aineistoa on paljon ja riippuvuussuhteet ovat vaikeasti tunnistettavissa tai muotoitavissa matemaattiseen muotoon; regressiomallit voivat toimia joko selittävinä tai ennustavina työkaluina; simulointimallit tukevat prosessien dynamiikan analysointia ja ennakointia. Käytännön kehitystyössä on edettävä pienin askelin, mutta selkeä kokonaisnäkemys ohjaa tekemään askeleet oikeaan suuntaan.

Toimenpidesuosituksia

Eri vaiheisiin soveltuviin analyysirutiinien kehittäminen ja analyysien optimaalisen suoritusasteen valinta.

Tiedonkeruu- ja tiedon hyödyntämisstrategian laatiminen.

Tiedonkeruun systematisoiminen eli tietojen luotettavuuden tarkistaminen, tuoterakennekuvausten päivittäminen, jotta tarvittavat tiedot ja tietojen päivitykset saadaan ilman käsityötä.

Tiedonsiirtostandardoinnin kehityksen seuranta ja käyttöön vakiintuvien standardien nopea hyödyntäminen.

On-line-(neuroverkko)sovellusten kehittäminen prosessien ennustetarkkuuden seuraamiseen ja parantamiseen.

Prosessien ennustettavuuden parantaminen hajontaa pienentämällä ja satunnaisia tapahtumia eliminoimalla.

Järjestelmien välisen avoimen tiedonsiirron edistäminen.

Simuloinnin tietotarpeet täyttävien analysointirutiinien kehittäminen.

Simuloinnin hyödyntäminen prosessien mitoittamisessa ja prosessien dynamiikan opettelussa. Tuotannon läpimenoaikojen ennustamiseen ja seuraamiseen soveltuvien metodien ja ohjelmien kehittäminen.

Menetelmäkehitys tuotannon hallitsemiseksi epävarmuutta sisältävissä prosesseissa.

LÄHDELUETTELO

AEL-Insko 1995. Automaattinen seuranta ja tunnistus logistisessa ketjussa. 27. - 28.11.1995 Helsinki. Koulutusmateriaali.

Anon. 1995. Sheetfed press development. High Volume Printing 13(1995)4, s. 24, 26, 28.

Anon. 1996. Agfa-Gevaert/OP 1-2/96 s. 56-59.

Bäck, A. & Pitkänen, M. 1996. Tuotantotietojen tilastollinen analyysi. Ohjeita analyysien suorittajalle. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 1753.

Daun, S., Lucas, G. & Schönhut, J. 1995. Specification of the CIP3 print production format. Version 1.0. 41 s. (FTP server *ftp.igd.fhg.de*, hakemisto *outgoing/igd_a/cip3* tiedosto *cip3.ps* tai *cip3.pdf*)

Ellis, J. 1995. The networked printroom takes a step nearer. British Printer CVII(1995)6, s.71-73, 75,76.

Finn-Identification Oy. 1996. Viivakoodiopas: Sovelluksia. Helsinki, 39 s.

Hecht, D. L. 1994. Embedded data glyph technology for hardcopy digital documents. 7-10 February 1994. SPIE Proceedings Series Volume 2171. San Jose, CA. S. 341 - 352.

Heidelberger Druckmaschinen AG 1995. Data Control. Interface description. Version 1.1. Heidelberg. 22 s.

IFRA 1995. Special Report 6.19. IFRAtrack: a recommendation for the interchange of status information between local and global tracking systems in the newspaper production. 25 s.

Imagine That. 1995. User's manual for extend. San Jose, CA, USA. 1995. 510 s.

Juhola, H., Korpiharju, P., Kuusisto, M., Vainikainen, S. 1996. Materiaalinkäsittelyn ja kuljetuksen automatisointi kirjapainoympäristössä. Tutkimusraportti, versio 1.1. VTT Tietotekniikka. Espoo 15.4.1996. 25 s.

Law, A.M., Kelton, W.D. 1991. Simulation Modelling & Analysis. New York, McGraw-Hill. 759 s.

Nenonen, H. 1995. Xerox tuo glyyfit syksyllä Suomeen. Kauppalehti 12.6.1995.

Oates, M. 1995. Networking the printroom. British Printer CVIII(1995)11, s. 35, 36, 38, 42.

Stuart, A., 1995. Work flow manager for large mailroom and print-on-demand applications. Taga Conference 1995. Proceedings S. 463 - 482.

Whalen, G. J., 1995. Binderies step into the spotlight. High Volume Printing 13(1995)3, s. 52 - 54, 56, 57