



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

---

HARRI ERIKSSON  
TIETOJÄRJESTELMIEN KEHITYS LEAN-PROJEKTISSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Hannu Jaakkola  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Talouden ja rakentamisen tiedekuntaneu-  
voston kokouksessa 9. joulukuuta 2015

## TIIVISTELMÄ

**HARRI ERIKSSON:** Tietojärjestelmien kehitys lean-projektissa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 43 sivua

Helmikuu 2016

Tietotekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Ohjelmistotuotanto

Tarkastaja: professori Hannu Jaakkola

Avainsanat: lean, tuotannonohjaus, relaatiotietokannat, tietojärjestelmät

Suomalaisessa teollisuudessa on vielä huomattava määrä potentiaalia tehokkuuden parantamiseen ja tuottavuuden lisäämiseen. Poistamalla hukkaa prosessista eri vaiheissa, voidaan sen tehokkuutta parantaa ja läpäisyäikää lyhentää huomattavasti ilman suuria lisäresursseja.

Tämän työn tarkoitus on kehittää tietojärjestelmiä Luvata Pori Oy:n konepajalle niin, että ne tukevat lean-ajatteluun pohjautuvaa toimintaa. Lean-menetelmillä saadaan poistettua hukkaa pienentämällä välimatkoja, lisäämällä visuaalisuutta, yksinkertaistamalla työtapoja, kehittämällä materiaali- ja tietovirtaa sekä tuotannonohjauksen keinoin pienentämällä eräkokoja. Analysoimalla koko arvovirta voidaan siinä esiintyvät hukat tunnistaa ja niiden juurisyyt eliminoida. Työ oli osa konepajalle tehtyä isompaa kehitysprojektia.

Työ koostuu kirjallisuustutkimusosasta sekä käytännönosasta. Kirjallisuustutkimusosassa pääpaino on lean-filosofiassa ja relaatiotietokannoissa. Käytännönosassa esitellään prosessi, tuotteet sekä tehdyt tietojärjestelmä muutokset. Kehitysprojekti jaettiin neljään osa-alueeseen, eli materiaali- ja tietovirrat, konetehokkuus, suoritusjohtaminen sekä ihmiset. Järjestelmäkehityksellä voitiin edistää kaikkia kyseisiä alueita. Merkittävimmät parannukset saatiin aikaiseksi materiaali- ja tietovirtojen hallinnassa. Monia aikaisemmin manuaalisesti tehtyjä töitä saatiin automatisoitua.

Työssä tehdyt ratkaisut sekä muutokset koettiin erittäin onnistuneiksi. Ne tukivat merkittävästi kehitysprojektin tarpeita. Työn tuloksena varastoja saatiin pienennettyä, läpimenoaikaa lyhennettyä sekä materiaali- ja tietovirtaa selkeytettyä huomattavasti. Toimintusvarmuus loppuasiakkaalle parani huomattavasti, vaikka samanaikaisesti luovuttiin kalliista tuotteiden lentorahdeista.

## ABSTRACT

**HARRI ERIKSSON:** Information system development in lean project  
Tampere University of Technology  
Master of Science Thesis, 43 pages  
February 2016  
Master's Degree Program in Information Technology  
Major: Software Engineering  
Examiner: Professor Hannu Jaakkola

Keywords: lean, production control, relational databases, information systems

In many traditional Finnish industries, there is still great potential for improving efficiency and increasing the productivity of processes. Without increasing resources, eliminating process waste is the first step towards improved productivity and decreased lead times.

The purpose of this thesis work is to develop information systems in the Luvata Pori Oy machine shop to support lean based thinking activities. The waste could be eliminated with lean methods by reducing the waste of distances, adding visuals, simplifying working methods and development of material and information flows, as well as production control methods to reduce batch sizes. This thesis analyses waste in the entire value stream to identify and eliminate the root causes. The thesis work was part of a larger development project in the machine shop.

This thesis consists of a literature study and a scientific part. In the literature study, the main focus is on lean philosophy and relational databases. The scientific part consists of the process, products and changes made in the information systems. The development project was divided into four areas, namely material and information flows, machine efficiency, performance management and people. All of these areas could be improved with the development of information systems. The most significant improvements were obtained in the material and information flow. Much of the work previously carried out manually was automated.

The changes and solutions undertaken were considered highly successful, each contributed significantly to the objective of the project. The results included a reduction in stocks and shortened lead times as well as greatly streamlining the flow of material and information. Even the delivery date accuracy to the end customer improved significantly, eliminating the need for expensive air shipments.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Luvata Pori Oy:lle osana Konepajan LPS-projektia.

Tämä työ ei olisi ollut mahdollista ilman perheeni sekä työyhteisöni jatkuvaa kannustusta. Siitä heille suunnattomat kiitokset.

Työn tarkastajalleni professori Hannu Jaakkolalle osoitan kiitokset vahvasta ohjauksesta ja kannustavasta ilmapiiristä koko diplomityöni tekemisen ajan. Työn ohjaajalleni Jari Heikkilälle kiitokset hyvistä neuvoista, ideoista ja tiedoista, joita sain läpi projektin.

Kiitoksia ansaitsevat myös koko Tampereen teknillisen yliopiston Porin laitoksen henkilökunta hyvin järjestetystä opetuksesta. Erityisesti Ulla Jaakkola ja Susanna Souko mahdollistivat erinomaisilla järjestelyillään opiskelun päivätyö ohella.

Porissa, 08.02.2016

Harri Eriksson

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Työn tausta .....	1
1.2	Tavoitteet ja rajaus .....	3
1.3	Työn rakenne.....	3
2.	LEAN.....	5
2.1	Toyotan tapa.....	5
2.2	TPS-talo.....	9
2.3	Perushävikit.....	10
2.4	Juuri oikeaan aikaan .....	13
2.5	Tasoitettu tuotanto.....	14
2.6	Imu .....	15
2.7	Kehitystyökaluja.....	15
3.	RELAATIOTIETOKANNAT .....	19
3.1	Tietokanta.....	19
3.2	Relaatiotietomalli .....	20
3.3	SQL .....	21
4.	KEHITYSPROJEKTI.....	23
4.1	Konepajan kuparikomponenttilinja.....	24
4.1.1	Kuparikomponentit suprajohteissa.....	24
4.1.2	Kuparikomponenttien valmistus .....	26
4.2	Diagnoosivaihe.....	27
4.2.1	Konetehokkuus.....	28
4.2.2	LPS tehdasarviointi .....	29
4.2.3	Tietojärjestelmät.....	30
4.3	Suunnitteluvaihe.....	31
4.4	Toteutusvaihe .....	33
4.4.1	Alkutietojen syöttö.....	33
4.4.2	Tuotannonsuunnittelu ja töiden vapautus .....	34
4.4.3	Konenäyttö .....	34
4.4.4	Töiden pakkaus ja allokointi tilauksille .....	35
4.4.5	Johtaminen .....	37
4.5	Viimeistelyvaihe.....	37
5.	YHTEENVETO .....	41
	LÄHTEET.....	43

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

BPCS	Business Planning and Control System, System Software Associates taloshallinto-ohjelmisto
DBMS	Database Management System, tietokannan hallintajärjestelmä
Jidoka	Autonomaatio – Sisäänrakennettu laatu, inhimillisellä älyllä varustettu laitteisto, joka pysäyttää itsensä ongelman ilmettyä. Välitön laatu on paljon tehokkaampi ja edullisempi vaihtoehto kuin laatuongelmien tarkastaminen ja korjaaminen jälkikäteen.
JIT	Just-in-time. Juuri oikeaa aikaan.
Kanban	Kanban on Lean-periaatteen mukainen tuotannon ajoitusjärjestelmä, joka auttaa määrittämään mitä pitää tuottaa, milloin, ja millaisissa määrissä.
KPI	Key Performance Indicators. Keskeiset suorituskyvyn mittarit.
LPS	Luvata Production System, Luvatan tuotantojärjestelmä.
MIFA	Material and Information Flow Analyses. Arvovirta-analyysi
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NSM	New Sales Mode, Luvata Pori Oy:n kehittämä Lotus Notes alustalla toimiva myynnin ohjelmisto.
OEE	Overall Equipment Efficient, kokonaiskonetehokkuus.
OTIF	On-Time In-Full. Mittari, jolla mitataan toimitusketjun toimitusvarmuutta.
SQL	Structured Query Language, tietokantojen käsittelyyn kehitetty kieli
Superconductor	Supra, suprajohteet. Tuotteet, jotka riittävän alhaisessa lämpötilassa kadottavat resistiivisyyden ja pystyvät näin kuljettamaan tehoa ilman häviöitä.
TirgAPS	Kanadalainen tuotannonohjausohjelmisto
TPS	Toyota Production System, Toyotan tuotantojärjestelmä.
TPM	Total Productive Maintenance, ennaltaehkäisevä kunnossapito

# 1. JOHDANTO

Tämän työn tarkoitus on kehittää tietojärjestelmiä Luvata Pori Oy:n konepajalle niin, että ne tukevat lean-ajatteluun pohjautuvaa toimintaa. Lean perustuu Japanissa Toyotan kehittämään tuotantojärjestelmään (TPS, Toyota Production System). Lean-filosofian perusaate on eliminoida toiminnan kolme haittatekijää: hukka, joustamattomuus sekä vaihtelu. Hukka tarkoittaa, että yrityksen resursseja käytetään muuhun kuin siihen, mistä asiakas on valmis maksamaan, kuten ylituotanto, materiaalien siirrot, varastointi sekä odottaminen. Joustamattomuus on yrityksen kykenemättömyyttä vastata asiakkaan tarpeisiin ja vaihtelu prosessien epävakautta. Tämä kehitys tapahtuu teknisillä työkaluilla, mutta myös oikealla johtamisella, jossa luodaan kehitykselle sopiva ilmapiiri ja kulttuuri.

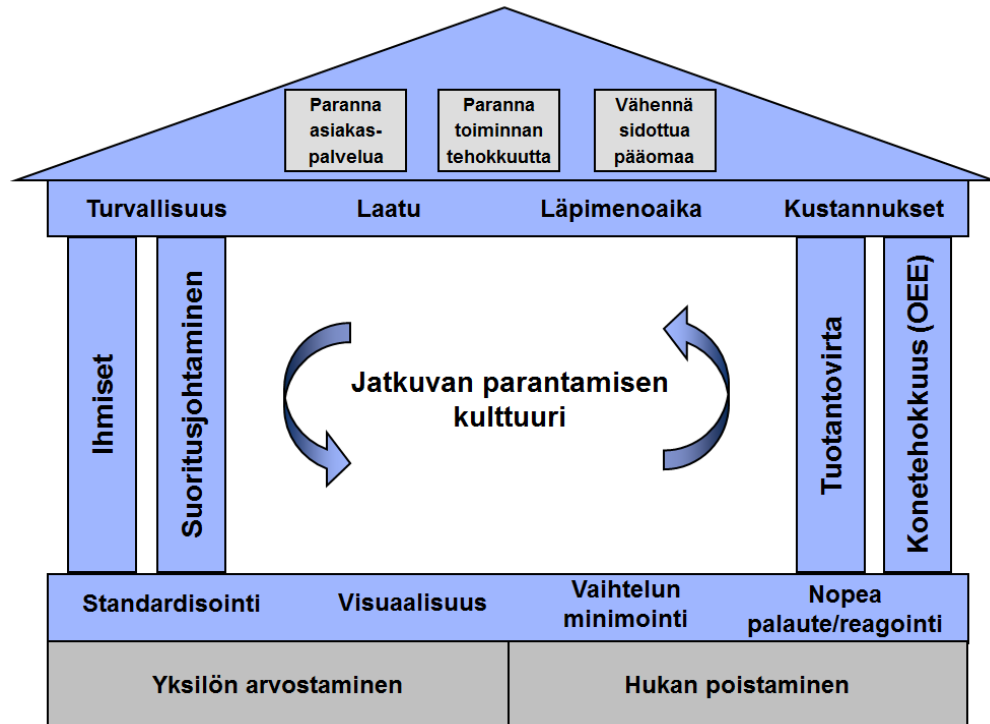
Diplomityö on osa laajempaa tuotannonkehitysprojektia, jossa kohteena on Konepajan kuparikomponenttilinja. Projektin tavoitteena on parantaa toimitusvarmuutta, lyhentää läpimenoaikaa sekä pienentää varastoja.

## 1.1 Työn tausta

Luvata on johtava kuparikomponenttien tuottaja maailmassa. Luvata-konserni toimii 18:ssa maassa ja työllistää noin 6300 työntekijää. Luvata-konsernin 37:n toimipisteen yhteenlaskettu myynti vuonna 2014 oli 1,6 miljardia euroa. Konserni jakaantuu kolmeen divisioonaan: Erikoistuotteet, Putket sekä Lämmönvaihtimet. Jokaisen kolmen divisioonan toiminta on jo jakaantunut ympäri maailmaa, eli Eurooppaan, Amerikkaan sekä Aasiaan (Elomaa 2015).

Luvata Pori Oy on osa Erikoistuotteet-divisioonaa. Porin toiminnot jaetaan kahteen osastoon, Erikoistuotteet sekä Suprajohteet. Valmistettavia tuotteita ovat erilaiset tangot, putket, johdinputket, profiilit, jäähdytys-elementit, anodit sekä suprajohteet. Lisäksi Porissa on merkittävä kuparivalimo, joka valaa tuotteita myös muille Luvata-konsernin tehtaille. Henkilömäärä Luvata Porissa on noin 330. Vuosittain valmistuu yli 20000 tonnia kuparituotteita. (Elomaa 2015).

Pystyäkseen vastaamaan kiristyvään globaaliin kilpailuun Luvata päätti kehittää omaa tuotantojärjestelmänsä. Vuonna 2005 esiteltiin LPS-tuotantojärjestelmä, joka perustui lean-ajatteluun. Tuo voidaan esittää myös LPS-talona (kuva 1.1).



*Kuva 1.1. LPS-talo (Juhela 2011)*

Jotta rakenne olisi kestävä, Luvatan tuotantojärjestelmän kivijalkana on yksilön arvostaminen sekä hukan poistaminen. Tämän päällä lattiana on standardointi, visuaalisuus, kuormituksen tasoitus sekä nopea palautteenanto ja reagointi. Kattoa kannattavina pilareina ovat LPS:n neljä keskeistä elementtiä: osaava henkilöstö, suoritusten johtaminen, materiaali- ja tietovirtojen hallinta sekä konetehokkuus (OEE). Näiden päälle on voitu rakentaa välikatto, jossa on kaikki tärkeimmät tavoitteet, joita mitataan kaikissa toiminoissa, eli työturvallisuus, laatu, läpimenoaika sekä kustannukset. Tavoitteet on kirjattu tärkeysjärjestyksessä, eli turvallisuus on tärkein. Kattoon on kirjattu arvolupaukset, jotka Luvata on luvannut asiakkailleen. Nämä toteutuvat, kun alemmat kerrokset ovat kunnossa. Jotta yritys kehittyisi ja pysyisi kilpailukykyisenä, jatkuvan parantamisen kulttuuria pyritään edistämään.

Luvatan tarkoituksena on tuoda lean-menetelmät kaikkiin tuotantolaitoksiinsa. Tämä tapahtuu projektituotoisesti prosessi kerrallaan. Yksi ensimmäisistä projekteista oli Porin Vetämön Rodex-linja vuonna 2005. Projektiin osallistujia oli monesta eri Luvatan tehtaasta. Näin saatua kokemusta voitiin myöhemmin käyttää seuraavissa projekteissa muissa tehtaissa. Nykyisinkin on tarkoitus, että projekteihin pyritään saamaan aina henkilöitä joko muista tehtaista tai saman tehtaan muilta osastoilta, jotta osaaminen saataisiin leviämään. Tällä hetkellä Porissa on ollut jo 23 projektia ja maailmanlaajuisesti noin 100 projektia.

Projekteja varten kootaan ryhmä, jota vetää kokenut LPS-navigaattori. Hänen tukenaan on 2-3 päätoimista sekä 1-4 sivutoimista henkilöä. Ryhmän tarkoitus on kuudentoista viikon aikana viedä läpi annetun alueen LPS-projekti. Projekti koostuu neljästä osa-



alueesta: materiaali- ja tietovirrat, suoritusjohtaminen, OEE sekä ihmiset. Vaikka kaikki projektit saattavat olla hyvin erilaisia, niille on määritelty prosessi miten projekti vie-  
dään alusta loppuun. Kahden ensimmäisen viikon aikana analysoidaan prosessin nykyti-  
la sekä määritellään tavoitteet. Jokaiselle osa-alueelle tulee omat tavoitteet sekä mittarit.  
Kolmas viikko on tarkoitettu suunnitteluun ja seuraavat 12 viikkoa projektin toteuttami-  
seen. Viimeisellä viikolla käydään läpi saavutukset sekä pohditaan jatkokehitysmahdol-  
lisuuksia.

## 1.2 Tavoitteet ja rajaus

Lopputyö tehtiin Luvata Pori Oy:n konepajan kuparikomponenttilinjalle. Linjalla val-  
mistetaan erilaisia koneistettuja kuparikomponentteja pääsääntöisesti Luvatan omille  
supralankatehtaille (Pori ja Waterbury CT, USA). Työ on osa LPS-projektia, jonka tar-  
koituksena on Luvatan käyttämien lean-menetelmien avulla kehittää linjan toimintaa.

Komponenttilinjan tilausmäärät ovat viimeisen kahden vuoden aikana kasvaneet merkit-  
tävästi. Lisäystä on ollut yli 30 %. Tuotantoprosessi ei ollut valmis näin suureen muu-  
tokseen. Toimitusvarmuus on ollut todella huono, eli vain noin 50 %. Tämän takia tuot-  
teita on pitänyt lennättää asiakkaalle. Samanaikaisesti ylitöitä ja ulkoista alihankintaa on  
tarvittu paljon. Kuparin arvo on ollut nousussa. Näin varastoihin oli sitoutunut erittäin  
paljon pääomaa.

Tuotannonohjaus perustui paperille tulostettuihin työtilauksiin, jotka jaettiin työkoneil-  
le. Projektin tarkoituksena on leanin mukaan vähentää hukkia parantamalla materiaali-  
ja tietovirtoja ja pienentämällä varastoja. Tämä tapahtuu esimerkiksi automatisoinnilla,  
standardoimalla ja visualisoimalla.

Lopputyö on rajattu projektia tukeviin tietoteknisiin ratkaisuihin. Aikaisemmin käytössä  
oli ollut useita ohjelmia, jotka eivät keskustelleet keskenään. Niinpä tiedonsiirto ohjel-  
masta toiseen on ollut manuaalista. Tuotannonohjaus on perustunut paperisiin ohjeisiin,  
jotka on viety koneille. Operaattoreilla on ollut mahdollisuus ottaa työksi tilauksia eri  
järjestyksessä, kuin tuotannosuunnittelu on halunnut. Myös tilausten seuranta on ollut  
manuaalista sekä ajallisesti myöhässä.

Tavoitteena on saada käyttöön ohjelmapaketti, joka tukee prosessin eri vaiheita LPS:n  
periaatteiden mukaisesti. Tämä mahdollistaa virheiden vähentämistä sekä reaaliaikaisen  
tiedon keruun.

## 1.3 Työn rakenne

Luvatan kehittämä LPS perustuu pitkälti Toyotan kehittämään lean-filosofiaan. Leanin  
ymmärtäminen on tärkeässä roolissa kehitysprojektissa. Luvussa 2 esitellään leanin filo-  
safia sekä tärkeimmät yksityiskohdat ja työkalut.

Lopputyössä käytännön osassa keskitytään tietoteknisiin parannuksiin. Nämä ovat suurelta osin käytetyn relaatiotietokannan muutoksia. Jotta niitä on voitu tehdä, luvussa 3 on ensin perehdytty relaatiotietokantoihin ja niiden ominaisuuksiin.

Luvussa 4 on esitelty itse kehitysprojekti. Se alkaa linjan ja tuotteiden esittelyllä. Niitä seuraa varsinainen tehdyn työ esittely. Osuus on jaettu LPS:n mukaisiin luonnollisiin vaiheisiin: diagnoosi, suunnittelu, toteutus sekä viimeistely. Toteutuksista esitellään kaikki merkittävimmät tietotekniset kehitykset. Viimeistelyvaihe pitää sisällään myös analyysin projektin onnistumisesta sekä suunnitelman jatkotoimenpiteistä.

Luku 5 toimii yhteenvetona koko diplomityölle.

## 2. LEAN

Lean-käsite tuli suuren yleisön tietoon kirjasta *The Machine that Changed the World*. Tämä kirja perustui MIT:n (Massachusetts Institute of Technology) tutkimuksiin, jossa tutustuttiin japanilaisen ja länsimaisen autotuotannon tehokkuuden eroavaisuuksia. Leanin perusta oli toisen maailmansodan jälkeen Toyotan Eiji Toyodan sekä Taiichi Ohnon kehittämä TPS (Toyota Production System). (Womack et al. 1990: 11)

Toyotalla oli sodan jälkeen hyvin erilainen tilanne kuin pahimmilla kilpailijoillaan Fordilla sekä General Motors:lla. Nämä käyttivät massatuotantoa ja suurta välineistöä tuottaakseen mahdollisimman halvalla mahdollisimman paljon osia. Toyotan markkinat Japanissa olivat kuitenkin pienet. Lisäksi Toyotan piti valmistaa joustavasti erilaisia ajoneuvoja samoilla linjoilla. Samalla huomattiin, että keskittymällä joustavuuteen, säästettiin parempi laatu sekä asiakastyytyväisyys. (Liker 2006: 7-8)

### 2.1 Toyotan tapa

Koko Toyotan tapa toimia voidaan jakaa neljääntoista eri periaatteeseen. Nämä voidaan jakaa neljään pääryhmään: 1) Pitkän tähtäimen filosofia, 2) Oikea prosessi tuottaa oikeat tulokset, 3) Lisäarvon tuottaminen organisaatioon ihmisiä ja yhteistyökumppaneita kehittämällä sekä 4) Jatkuva taustaongelmien ratkominen edistää organisaation oppimista. (Liker 2006: 36)

#### **Pitkän tähtäimen filosofia**

*Periaate 1. Tee päätökset pitkän tähtäimen filosofian pohjalta, mutta myös lyhyen tähtäimen taloudellisten tavoitteiden kustannuksella. (Liker 2006: 71)*

Yleisesti kapitalismissa on vallalla usko, että jos yritykset sekä yksilöt tavoittelevat vain omia etujaan, tarjonta ja kysyntä johtavat automaattisesti innovaatioihin ja talouden kasvuun. Tällä lyhyen tähtäimen on kuitenkin pimeä puolensa, joka tulee hyvin esille, kun taloussuhdanteet kääntyvät alaspäin. Miljoonia ihmisiä irtisanotaan ja jätetään oman onnensa varaan. Toyotan oppien mukaan tulisi harjoittaa filosofiaa, jossa tarkoituksenmukaisuus menee lyhyen tähtäimen päätöksenteon edelle. Koko organisaatiota pitää ohjata ja kasvattaa kohti parempaa yritystä. Tuotetun rahan tärkein kohde on investoinnit tulevaisuuteen. Samalla annetaan myös vastinetta sille yhteiskunnalle, jossa toimitaan. Kaikessa toiminnassa tulee kehittää arvoa asiakkaalle, yhteiskunnalle sekä yritykselle. Jokaista yrityksen toimintoa tulee arvioida sen suhteen, miten se kykenee

noudattamaan tätä periaatetta. Tämä filosofinen missio on kaikkien muiden periaatteiden perusta. (Liker 2006: 71-74)

## **Oikea prosessi tuottaa oikeat tulokset.**

### ***Periaate 2. Luo jatkuva prosessin virtaus tuodaksesi ongelmat esille. (Liker 2006: 87)***

Useimmissa prosesseissa 90 % käytetystä ajasta on hukkaa ja vain 10 % lisäarvoa tuottavaa työtä. Kohdassa 2.3 on esitelty tarkemmin hukka-käsite. Periaatteen mukaan prosessit tulisi suunnitella ja toteuttaa uudelleen niin, että virtauksesta saadaan mahdollisimman hyvin lisäarvoa tuottava. Siinä pyritään eroon ajasta, jonka prosessi seisoo jouten tai odottaa jonkun työpanosta. Samalla kun tuote- ja tietovirtausta nopeutetaan, kytketään prosesseja ja ihmisiä yhteen, niin ongelmat ilmaantuvat välittömästi näkyviin. Tällöin niihin pitää välittömästi tarttua ja etsiä ratkaisu, miten ne poistetaan. Tämä on avain todelliseen jatkuvaan parantamisprosessiin ja ihmisten kehittämiseen. (Liker 2006: 87-97)

### ***Periaate 3. Käytä imujärjestelmiä välttääksesi ylituotantoa. (Liker 2006: 104)***

Tuotantoprosessin asiakkaille tulee tarjota mitä he haluavat, silloin kun he haluavat ja sen verran kun he haluavat ("juuri oikeaan aikaan" JIT, esitelty tarkemmin kohdassa 2.4). Prosessin käynnistyminen pitää perustua kulutukseen. Keskenkäisten ja valmiiden tuotteiden varastot minimoidaan pitämällä vain pieniä määriä tuotteita. Varastoja täydennetään sitä mukaa kuin prosessin asiakas vie niitä pois. Tämä imuohjaus on avattu kohdassa 2.6. (Liker 2006: 104-110)

### ***Periaate 4. Tasapainota työmäärää (heijunka). (Toimi kuin kilpikonna, älä kuin jänis.) (Liker 2006: 113)***

Hukan eliminointi on vain osa kokonaisuudesta, joka tekee lean-tuotannon tehokkaaksi. Ihmisten ja työvälineiden ylikuormittamisen poistaminen sekä tuotantoaikataulujen epätasaisuuden poistaminen ovat siinä aivan yhtä tärkeitä. Kohdassa 2.5 on esitelty tasoitettu tuotanto. Siinä pyritään tasoittamaan prosessien työtaakkaa sen sijaan, että sitä ohjattaisiin suurissa erissä. (Liker 2006: 113-116)

### ***Periaate 5. Luo kulttuuri, jossa pysähdytään korjaamaan ongelmia, jotta laatu saataisiin kuntoon heti ensimmäisellä kerralla. (Liker 2006: 128)***

Prosessi tulisi kehittää sellaiseksi, että se pystyy itse havaitsemaan ongelmia ja pysäyttämään itsensä. Välitön laatu, joka estää ongelmaa pääsemästä pidemmälle prosessissa on paljon tehokkaampi ja edullisempi ratkaisu kuin laatuongelmien tarkastaminen ja korjaaminen jälkikäteen. Apuna voidaan käyttää kaikkia mahdollisia käytettävissä olevia nykyaikaisia laaduntarkastusmenetelmiä. On tärkeää kehittää visuaalinen järjestelmä, joka viestittää tiimille ja johdolle, jos prosessi tarvitsee apua. Organisaatiota tulisi

myös kouluttaa nopeaan ongelmanratkaisuun. Linja voidaan hetkeksi pysäyttää tai hidastaa, jotta havaittu ongelma voidaan poistaa pysyvästi heti ensimmäisellä kerralla. Tämä parantaa tuottavuutta pitkällä tähtäimellä. (Liker 2006: 128-136)

***Periaate 6. Standardoidut tehtävät ovat jatkuvan parantamisen ja työntekijöiden sitouttamisen perusta. (Liker 2006: 140)***

Jatkuva virtaus ja imuohjaus edellyttävät vakaita ja toistettavia menetelmiä, jotta prosessit olisivat ennustettavissa ja tuotanto säännöllistä. Toyotalla lähes kaikki tehtävät ovat standardoitu. Prosessista pitää olla kirjattuna tärkeimmät tiedot, kuten mitä tehdään, kuinka kauan vaiheet kestävät ja mitä tarveaineita siihen tarvitaan. Kaikkien tulee noudattaa standardeja. Ne perustuvat parhaisiin käytäntöihin. Organisaation luovuutta tulee kuitenkin kannustaa ja prosesseja kehittää. Tällöin myös standardeihin tulee päivittää parannukset. Standardoidut prosessit mahdollistavat työntekijöiden siirtymisen helpommin tehtävästä toiseen. (Liker 2006: 140-143)

***Periaate 7. Käytä visuaalista ohjausta, jotta ongelmat eivät jää piiloon. (Liker 2006: 149)***

Visuaalisisten ohjausjärjestelmien tarkoitus on parantaa lisäarvoa tuottavaa virtausta. Visuaalisten ilmaisimien tulisi olla niin yksinkertaiset, että niiden avulla organisaatio voi yhdellä silmäyksellä havaita, kuinka työ tulisi tehdä ja poikkeako se standardista. Sen avulla pystyy päättämään miten hyvin työssä pärjää, mihin tavarat kuuluisi sijoittaa, kuinka paljon niitä kuuluisi olla ja niin edelleen. Toyota ohjaa välttämään tietokonetta visuaalisen viestintään, sillä se voi siirtää huomion pois työprosessista. Myös raportit tulisi aina tiivistää yhdelle paperille, jos mahdollista. (Liker 2006: 149-157)

***Periaate 8. Käytä ainoastaan luotettavaa, perusteellisesti testattua teknologiaa, joka palvelee ihmisiä ja prosesseja. (Liker 2006: 159)***

Toyotalla on ollut tapana olla kilpailijoitaan jäljessä uusia teknologioita hankittaessa. Uudet tekniikat on todettu usein epäluotettaviksi sekä vaikeasti standardoitaviksi, mikä vaarantaa prosien virtauksen. Niinpä hyväksi todetut prosessit ohittavat uudet testamattomat tekniikat. Organisaatiota tulee kannustaa tutustumaan uusiin tekniikoihin. Ne tulee kuitenkin testata monipuolisesti, ennen kuin niitä saa ottaa prosesseihin tai tuotteisiin. Jos tekniikka tukee prosessin tehokkuutta, vakautta, ennustettavuutta sekä luotettavuutta, se tulee ottaa nopeasti käyttöön. (Liker 2006: 159-162)

## **Lisäarvon tuottaminen organisaatioon ihmisiä ja yhteistyökumppaneita kehittämällä.**

*Periaate 9. Kasvata johtajia, jotka ymmärtävät työn perusteellisesti, noudattavat filosofiaa ja opettavat sitä muille. (Liker 2006: 171)*

Toyotan periaatteen mukaan on parempi kasvattaa omia johtajiaan yrityksen sisällä sen sijaan, että palkkaisi heitä organisaation ulkopuolelta. Johtajien tulee ymmärtää ja noudattaa Toyotan kulttuurin ideologiaa päivittäin. Tehtävien suorittamisen ja johtamisen lisäksi hänen pitää toimia yrityksen roolimallina koko organisaatiolle. Hänen tulee myös tuntea päivittäiset työt yksityiskohtaisesti, jotta voi toimia parhaana opettajana. (Liker 2006: 173-182)

*Periaate 10. Kehitä poikkeuksellisen etevii ihmisiä ja ryhmiä, jotka noudattavat yrityksen filosofiaa. (Liker 2006: 184)*

Tiimityö on tärkeä osa Toyotan toimintaa. Tiimit koordinoivat työtä, motivoivat ja opivat toisiltaan. Niiden avulla on myös helpompi luoda vahva ja vakaa kulttuuri, jossa yrityksen arvot saadaan leviämään laajalle. Tiimityötä pitää opiskella. Sen takia työntekijöitä on pyrittävä opettamaan työskentelemään tiimeissä kohti yhteistä päämäärää. Erityinen huomio koulutuksessa tulee kohdistaa poikkeuksellisiin yksilöihin ja ryhmiin, jotka pystyvät vahvistamaan yrityksen filosofiaa ainutlaatuisten lopputulosten saavuttamiseksi. (Liker 2006: 184-198)

*Periaate 11. Kunnioita yhteistyökumppaneilla ja alihankkijoilla laajennettua verkostoa tarjoamalla heille haasteita ja auttamalla heitä kehittymään. (Liker 2006: 199)*

Toyota tarvitsee alihankkijoita, jotka ovat yhtä kyvykkäitä toimittamaan laadukkaita tuotteita juuri oikeaan aikaan, kuten Toyotan omat tehtaat. Noita yhteistyökumppaneita ja alihankkijoita tulee kunnioittaa ja kohdella heitä yrityksen jatkeena. Osoituksena arvostuksesta yrityksiä haastetaan kehittymään ja kasvamaan Toyotan mukana. Heille annetaan haastavia tavoitteita ja avustetaan niiden toteutumiseksi. Toyotan ydinalihankkijat kuuluvat myös yhteiseen järjestöön, jossa kokoonnutaan säännöllisesti jakamaan parhaita käytäntöjä ja tietoja. (Liker 2006: 208-212)

## **Jatkuva taustaongelmien ratkominen edistää organisaation oppimista.**

*Periaate 12. Mene itse paikan päälle, jotta ymmärrät tilanteen perusteellisesti (genchi genbutsu) (Liker 2006: 223)*

Merkittävä ero, miten Toyotan tapa johtaa eroaa muista, on ongelmatilanteiden käsittely. Toyotan mukaan ei voi todella ymmärtää jotain erityistä ongelmaa ilman, että menee itse paikalle. On anteeksiantamatonta pitää asioita itsestään selvänä tai luottaa muiden raportteihin. Ongelman lähteelle pitää hakeutua ja itse havainnoida tosiasioita. Tämä

periaate koskee koko organisaatiota. Myös ylimmän tason johtajien tulisi mennä paikan päälle, jotta saisivat enemmän kuin pintapuolisen käsityksen tilanteesta. (Liker 2006: 223-228)

***Periaate 13. Tee päätöksiä hitaasti yksimielisyyden pohjalta kaikkia vaihtoehtoja perusteellisesti harkiten ja toteuta päätökset nopeasti. (Liker 2006: 237)***

Toyota käyttää kehitysprojekteissa paljon enemmän aikaa suunnitteluun kuin kilpailijansa. Perinteisesti valitaan yksi vaihtoehto ja se reitti kuljetaan loppuun saakka. Toyotalla halutaan perehtyä kaikkiin mahdollisiin vaihtoehtoihin ennen päätöstä. Sitä voi edesauttaa isompi tiimi, jossa jokainen voi esitellä ideoitaan ja havaintojaan. Näin saadaan esille enemmän mahdollisuuksia ja myös ratkaisuja. Tähän keskusteluun ongelmista ja ratkaisusta tulisi saada mukaan kaikki, joita asia koskee. (Liker 2006: 238-241)

Tämä konsensusprosessi vie aikaa, mutta laajentaa ratkaisujen valikoimaa. Yhteinen päätös myös sitouttaa kaikki osalliset. Kun lopulta on löydetty paras vaihtoehto, se on samalla myös käytännössä valittu. Varsinainen hyväksyntävaihe on enää muodollisuus. Hyväksyntävaiheen jälkeen edetään nopeasti valittua polku pitkin. (Liker 2006: 241-244)

***Periaate 14. Tee yrityksestäsi oppiva organisaatio väsymättömän arvioinnin (hansei) ja jatkuvan parantamisen (kaizen) kautta. (Liker 2006: 250)***

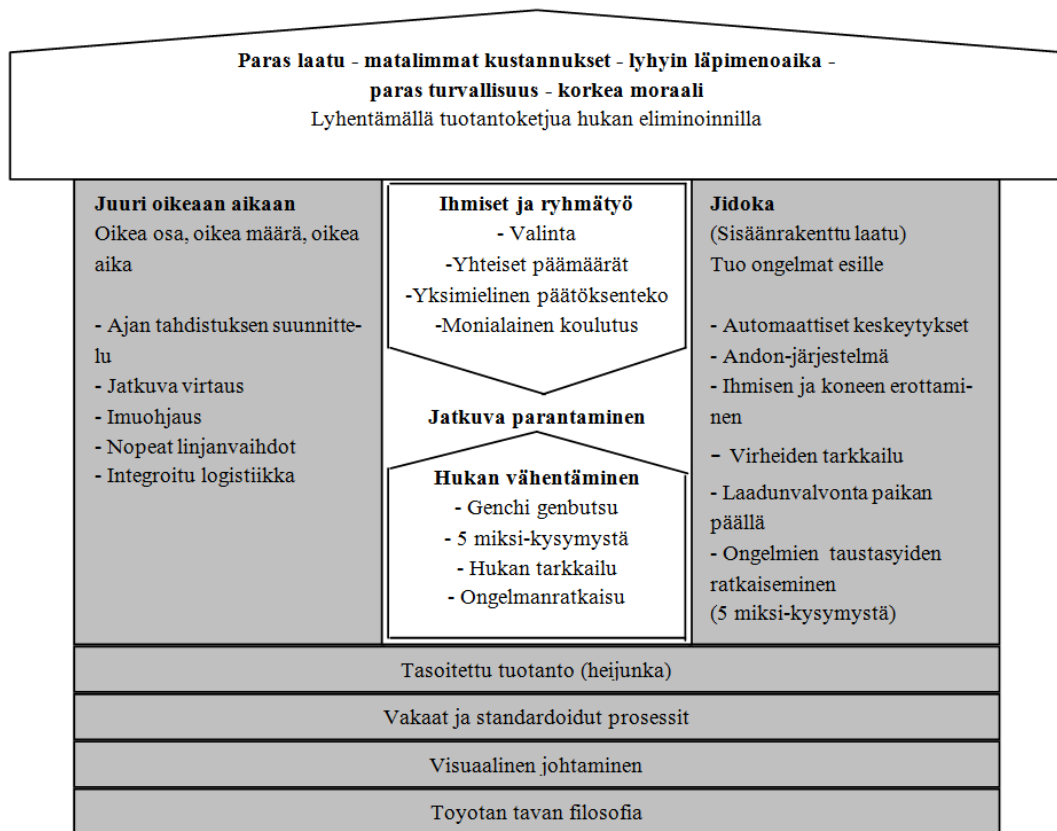
Jotta kehitysprojektit muuttuisivat prosessiksi ja voitaisiin sanoa, että olisi kyseessä oppiva organisaatio, pitää kehittää toimiva järjestelmä jatkuvaan parantamiseen. Kun jokin prosessi on saatu vakaaksi, sitä pitää yhä kehittää. Saatuja oppeja voidaan hyödyntää muissa prosesseissa. Prosessit tulisi suunnitella sellaisiksi, ettei varastoja juurikaan tarvittaisi. Tämän ansiosta ajan ja resurssien tuhlaaminen tulisi kaikkien nähtäville. Havaittu hukka pitäisi parannuksilla eliminoida pysyväsi. (Liker 2006: 250-260)

Parhaat käytännöt tulisi standardoida, jotta ei tarvitse keksiä pyörää aina uudelleen uusien projektien ja henkilöiden kanssa. Myös toteutuneiden projektien kokemuksista ja virheistä voi oppia. Mahdolliset virheet pitää tunnustaa ja kehittää vastatoimenpiteet, jotta vältytään samoilta virheiltä tulevaisuudessa. Yrityksen tietämyspohjaa tulee suojella kehittämällä pysyvää henkilökuntaa. (Liker 2006: 250-260)

## **2.2 TPS-talo**

TPS toimi vuosikymmeniä yrityksen sisällä ilman dokumentointia. Yrityksen laajentuksessa kävi ilmeiseksi, että järjestelmän siirtäminen muille tehtaille sekä alihankkijoille edellytti selkeitä kuvauksia. Tämän takia Fujio Cho kehitti opetuskäyttöön TPS-talokaavion (kuva 2.1). Talo on rakenteellinen kokonaisuus, joka on vahva vain, jos katto, tukipylväät sekä pohja ovat vahvoja. Heikko lenkki heikentää koko taloa. Kaavion pohjana on vakaat ja standardoidut prosessit sekä tasapainotettu tuotanto. Pylväinä

”Juuri oikeaan aikaan” (JIT) sekä Jidoka. Jidoka tarkoittaa periaatteessa, ettei vikaa päästetä ikinä seuraavaan vaiheeseen. Kattona on tavoite parhaasta laadusta, matalista kustannuksista sekä lyhyestä läpimenoajasta. (Liker 2006: 32)



*Kuva 2.1 Toyotan tuotantojärjestelmä (Liker 2006: 33)*

Talon keskiössä on ihmiset, sillä vain jatkuvan parantamisen kautta voi saavuttaa tarvittavan vakauden. Ihmisten täytyy osata nähdä hukkaa ja ratkaista ongelmat niiden juuritasolla. Ongelmanratkaisu tapahtuu paikan päällä, jotta nähtäisiin, mistä on oikeasti kyse. (Liker 2006: 33)

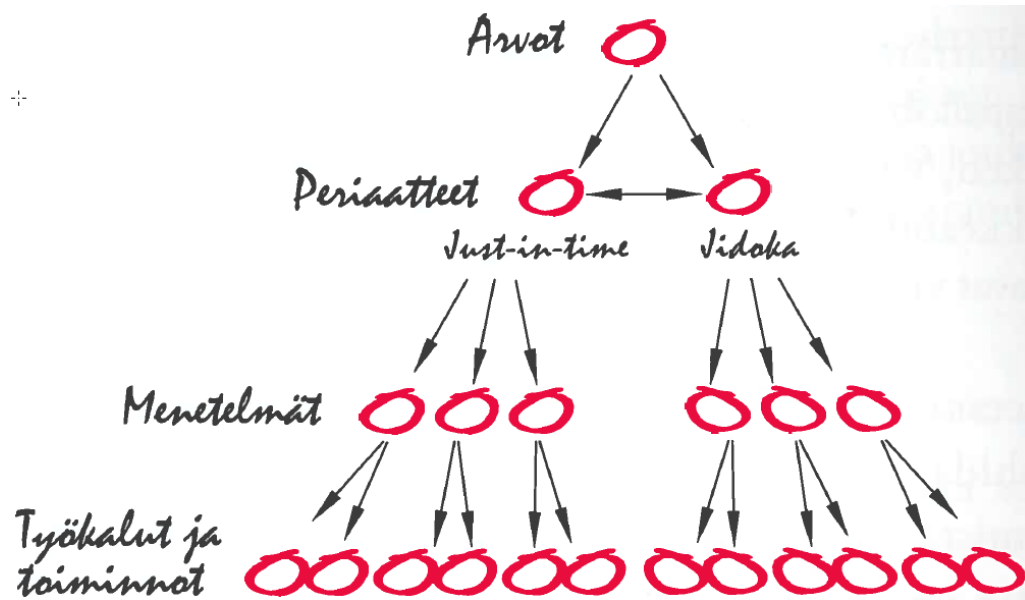
## 2.3 Perushävikit

Toyotan tuotantojärjestelmän ydin on hukan eliminointi. Ensimmäinen kysymys TPS:ssä on aina: ”Mitä asiakas haluaa tästä prosessista?”. Asiakkaana piti ymmärtää myös sisäistä asiakasta prosessin seuraavissa vaiheissa. Kaikki muu paitsi se, mistä asiakas on valmis maksamaan, on hukkaa. Asiakastarpeet kartoitetaan kolmen kysymyksen pohjalta. (Liker 2006: 27; Modig et al. 2013: 72)

- Mitä tuotetta asiakas haluaa?
- Milloin asiakas tuotteen haluaa?
- Millaisia määriä sitä halutaan?



Yksinkertaistettuna Lean on kokoelma periaatteita, käytäntöjä, työkaluja sekä tekniikoita (kuva 2.2), joiden tarkoituksena on löytää ja poistaa tuotannon ongelmien juurisyyt. Tämä on systemaattinen lähestymistapa eliminoida hävikit koko arvoketjusta. Jotta saavutetaan tavoitteet, pitää kolme perushävikityyppiä poistaa koko järjestelmästä. Nämä ovat hukka, vaihtelut sekä joustamattomuus. (Drew et al. 2004: 15)



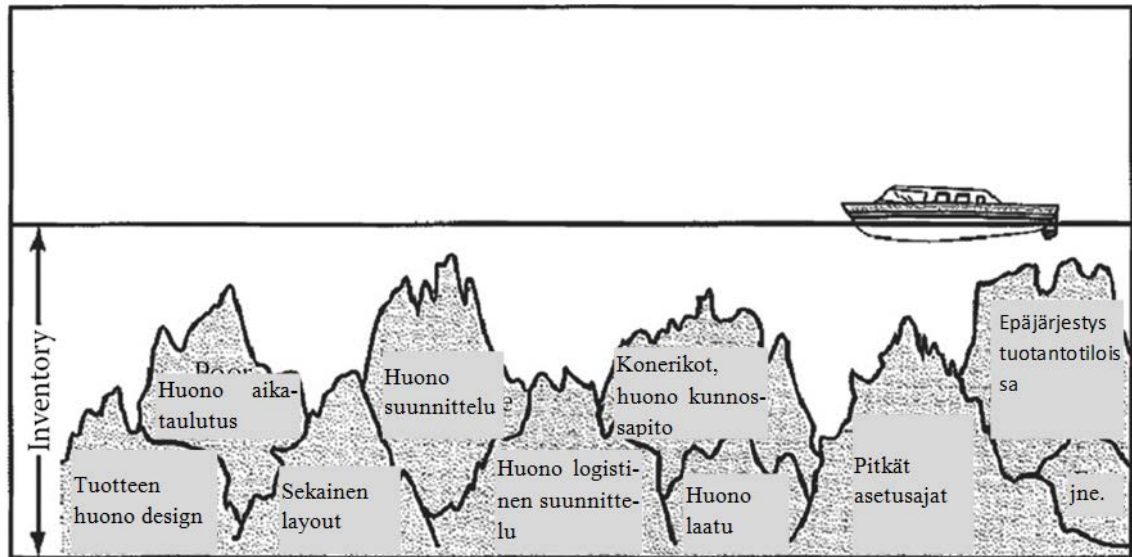
Kuva 2.2 Yksinkertaistettu lean (Modig et al. 2013: 138)

Hukka on kaikkea mikä lisää kustannuksia, mutta ei arvoa. Perinteisesti hukat on jaettu seitsemään eri ryhmään: virheet, kuljetukset ja siirrot, liialliset varastot, ylituotanto, odottaminen, ylitekeminen sekä liikkuminen. Usein lisätään myös kahdeksas kategoria: työntekijöiden taitojen, luovuuden ja mahdollisuuksien käyttämättä jättäminen. Hukat saattavat vaihdella melkoisesti eri organisaatioiden ja prosessien välillä, mutta Toyotan määrittelemät seitsemän hukkaa pätevät lähes jokaiseen organisaatioon. Mitä tahansa näistä hukista löydetään järjestelmästä, se osoittaa, että tarpeettomat kustannukset lisääntyvät. (Drew et al. 2004: 15)

- **Virheet:** Virheet tuotteessa tai palvelussa ovat merkittävä hukkatekijä. Ideaalitilanteessa virheet havaitaan ja korjataan ennen kuin ne päätyvät asiakkaalle. Virheiden tarkastustoimenpiteet ja korjaukset ovat kalliita operaatioita. Lisäksi korvaavien tuotteiden tekeminen aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Pahimmassa tapauksessa virheelliset tuotteet päätyvät asiakkaalle. Takuukorjauskustannusten lisäksi riskinä ovat imagotappiot. Tällöin riskeerataan uusien potentiaalisten asiakkaiden saanti sekä nykyiset asiakaskunnan pysyminen.
- **Kuljetukset ja siirrot:** Monessa prosessissa tuotetta tai sen osaa pitää liikuttaa useaan otteeseen. Alihankintaa käytettäessä kuljetettavat matkat saattavat olla satoja kilometrejä. Kuljetuksiin käytettävä aika on siis huomattava. Koska kuljetusten aikana ei tuotteelle tehdä mitään arvoa lisäävää työtä, kuljetuksessa käy-

tetty aika ja resurssit ovat puhdasta hukkaa. Prosessit tuli suunnitella niin, että siirtojen tarve saataisiin minimaaliseksi. Tämä voi tapahtua esimerkiksi layoutteja muuttamalla.

- ***Liialliset varastot:*** Varastossa olevat raaka-aineet ja valmiit tuotteet odottavat, että niille tapahtuisi jotakin. Odottamisen aikana niiden jalostusarvo asiakkaalle ei nouse. Pääomaa kuitenkin sitoutuu sekä tuotteisiin että tiloihin. Varastot saattavat myös pimittää muita ongelmia ja hukkia. Kuvassa 2.3 on kuvainnollisesti havainnoitu se, miten suurilla varastoilla ongelmat eivät tule esille. Varastoja pienentämällä voidaan havaita ongelmat ja korjata ne.
- ***Ylituotanto:*** Ylituotanto on Toyotan mukaan vakavin hukka, koska se aiheuttaa suurimman osan muista tuhlauksista. Ylituotantoa on varastojen turha kasvattamiseen sekä koneiden käyttöasteen optimointi tekemällä suuria eräkokoja. Kaikki tuotteet, joille ei ole olemassa tilausta, ovat hukkaa. Jos varastoon on tehty tuotteita, joille ei koskaan tule tilauksia, tuotteet pitää jopa hävittää. Tällöin kaikki niihin sidotut resurssit menevät hukkaan.
- ***Odottaminen:*** Odottaminen on aina hukkaa, sillä silloin tuotteille ei saada lisäarvoa. Odotus voi johtua esimerkiksi materiaalipulasta, koneiden asetuksista ja korjauksista. Odotusajan pienentämiseksi ei kuitenkaan pidä alkaa tekemään tuotteita vaikka tilauksia ei olisikaan. Odottamisen eliminointi ylituotannolla ei vähennä hukkaa, vaan tuo tilalle pahemman hukan. Koneiden sammuttaminen ja henkilöiden odottelu ei aiheuta ylimääräisiä materiaali-, varastointi- ja ylläpito-kustannuksia.
- ***Ylitekeminen:*** Prosessi saattaa olla tehoton tai pitää sisällään tarpeettomia vaiheita. Hukkaa saadaan vähennetyksi tehostamalla prosessia, jolloin esimerkiksi ylimääräisiä työvaiheita saadaan karsittua pois. Tuote saadaan nopeammin ja vähemmällä resursseilla valmiiksi ja näin hukkaa saadaan vähennettyä. Myös ylilaatu on hukkaa jos siitä ei ole asiakkaalle lisäarvoa. Hän ei myös maksa siitä, jolloin mahdolliset ylimääräiset kustannukset ovat hukkaa.
- ***Liikkuminen:*** Liikkeellä oleva ihminen näyttää työskentelevältä. Kaikki liike ei kuitenkaan aiheuta lisäarvoa tuotteelle. Suurin osa turhasta liikkeestä johtuu tarvittavien tavaroiden etsimisestä ja niiden hakemisesta työpisteelle, siirroista, purkamisesta ja uudelleensijoittelusta. Hyvä työkalu ylimääräisen liikkeen tunnistamiseen on spagettikaavio. Se on esitelty kohdassa 2.7.
- ***Ihmisresurssien huono hyödyntäminen:*** Aina kun henkilö on toimeettomana, menetetään mahdollista arvoa tuottavaa aikaa hukkaan. Virtausta muuttamalla voidaan henkilöistä saada enemmän irti. Tasaamalla työkuormaa sekä hyödyntämällä eri ihmisten taitoja saadaan ihmisresurssit tehokkaammin käyttöön. Hiljaisina aikoina voidaan esimerkiksi tuotantoa kehittää yhdessä prosessin työntekijöiden voimin.



*Kuva 2.3 Esitys varastojen vaikutuksesta ongelmien peittämisessä.*

Vaihtelu on muutos kaikessa normaalissa, joka heikentää asiakkaalle toimitettavan palvelun tai tuotteen laatua. Esimerkiksi raaka-aineissa oleva vaihtelu voi johtaa viallisen tuotteen valmistumiseen tai laitteen toimimattomuuteen. Osaamisen vaihtelu voi johtaa tuotannon menetyksiin tai tuotantokäytön pullonkauloihin, jotka johtavat pidempiin tuotantoaikoihin. (Drew et al. 2004: 16)

Joustamattomuutta on kaikki, mikä estää saavuttamasta asiakkaan tarpeet ilman, että tulee ylimääräisiä kustannuksia. Esimerkkinä voi olla uuden sohvan ostaminen. Vähittäismyyjä lupaa toimitusaikaksi 12 viikkoa. Itse sohvan tekeminen kestää noin 10 tai 20 tuntia. Kaikki muu aika on joustamattomuutta. Aika voi olla esimerkiksi osien odottamista tai isojen tuotantoerien tekemistä. Pitkä toimitusaika voi helposti johtaa siihen, että asiakas siirtyy toiselle kauppiaille. (Drew et al. 2004: 16)

## 2.4 Juuri oikeaan aikaan

Juuri oikeaan aikaan (JIT) tuotannon tavoitteena on valmistaa ja kuljettaa juuri se mikä on tarvittu, juuri oikean määräisesti mahdollisimman lyhyessä ajassa. Monet yritykset pyrkivät vastaamaan asiakkaitten nopeaan tarpeeseen pitämällä suuria varastoja. Samalla he myös kertovat olevansa JIT-yrityksiä. Tässä strategiassa on kuitenkin riskinsä. Pääomaa sitoutuu varastoihin, varastot kasvavat sekä tuotteet saattavat vanhentua. Lisäksi se vääristää todellisen asiakastarpeiden tuntemisen. Tämä tapa on kaukana leanin tavoitteista vähentää hukkaa. Tämä päinvastoin lisää niitä. (Drew et al. 2004: 27)

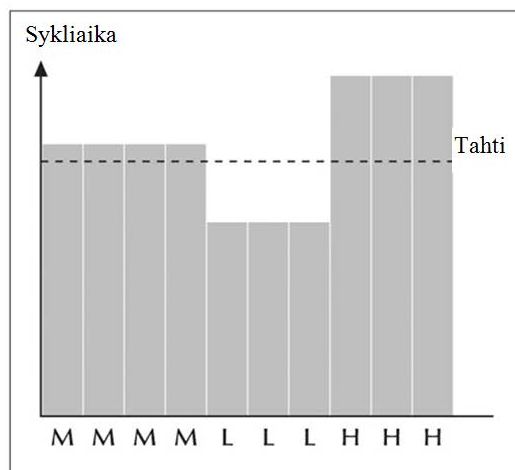
Todellinen JIT-tuotanto saavutetaan, kun tuote on todella tehty ja toimitettu asiakkaan tarpeeseen, ei vain toimitettu varastosta. Prosessin tulee sisältää pienimmän mahdollisen määrän raaka-aineita ja varastoja. Tämä minimoi varastoista johtuvat hukat, vähentää riskiä tuotteiden vanhenemiselle sekä nopeuttaa tuotannon vasteaikaa. Mahdolliset va-

rastot pitääkin nähdä prosessin voitelijoina, jotka mahdollistavat prosessien tasaisen liikkeen. Jotta voi käyttöönottaa JIT-tuotannon, yrityksen pitää luoda jatkuva tuotannon virtaus ja tasapainottaa tuotanto asiakastarpeiden mukaiseksi. (Drew et al. 2004: 27)

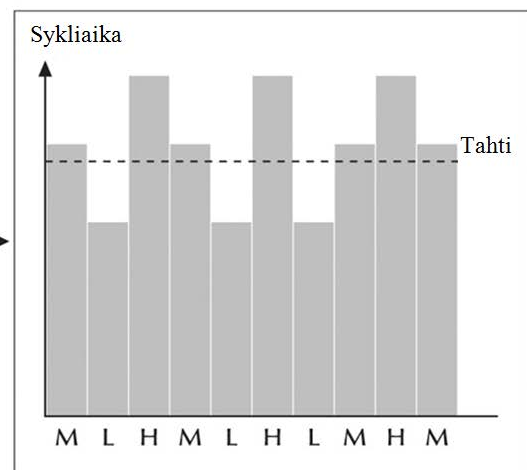
## 2.5 Tasoitettu tuotanto

Ideaalimaailmassa Toyota voisi valmistaa autoja täysin samassa järjestyksessä kuin saavat tilauksia. Todellisuudessa eri töiden ajalliset tarpeet vaihtelevat paljon ja joudutaan tekemään kompromisseja, jotta tuotanto olisi tasaisempaa. Tuotannon tasoittamisella tarkoitetaan todellisen asiakastarpeissa olevien kysyntäpiikkien ja -laaksojen tasoittamista tuotantojaksoihin, jotta saavutetaan tasainen imuohjaus sekä tuotemiksi. (Drew et al. 2004: 27)

Perinteinen erätuotanto



Tasoitettu tuotanto



**Kuva 2.4** Tuotannon tasoitus (Drew et al. 2004: 28)

Kuvassa 2.4 nähdään kolmen eri auton (L, M ja H) tuotantocykkit. Jokaisessa ne ovat hyvin erilaiset. Tuote L on matalan tason malli. Tuote H on taas hyvin spesifioitu malli, jossa on paljon ylimääräisiä aikaa vieviä työvaiheita. Tuote M on näiden ääripäiden välistä. Kuten vasemmanpuolisessa kuvassa nähdään, useimmat autovalmistajat ryhmittelevät samanlaiset tuotteet isommiksi ryhmiksi, jolloin ne tehdään peräkkäin. Tällöin saavutetaan etu suuresta volyyymistä. Kuitenkin tehtäessä tuotetta L, linja on ylimitoitettu. H-tuotteita tehtäessä linjalla työntekijät voivat joutua kiirehtimään ja tekemään enemmän töitä. Oikeanpuolisessa kuvassa tuotanto on tasoitettu työvaiheisiin. Tällöin aikahukat on minimoitu. Edellisestä syklistä vapaaksi jääty aika voitiin käyttää seuraavaan vaativampaan vaiheeseen ja toisinpäin. Tämä kuitenkin edellyttää standardoituja menetelmiä sekä moniosaavaa henkilöstöä. Lisäksi johdon panos antaa tarvittavat edellytykset on tärkeää. (Drew et al. 2004: 28)

Tuotannon tasoitus vapauttaa myös varastoinnista johtuvia hukkia. Valmistamalla tuotteita suurissa erissä valmistettavien tuotteiden määrä varastossa kasvaa. Samanaikaisesti

varastossa on mahdollisesti pula tuotteista, jotka odottavat yhä pääsyä tuotantoon. Kun tuotanto on tasoitettu ja varastotasot pysyvät alhaisina, tuotteita päästää toimittamaan tasaisesti. (Drew et al. 2004: 28)

## 2.6 Imu

Tärkeä elementti JIT-tuotannolle on imuohjaus. Työntöohjauksessa yritykset tekevät tuotteita tai tarjoavat palveluja ilman asiakkaan tilausta olettaen, että kysyntää heidän tarjoamilleen tuotteille ja palveluille ilmaantuu. Asiakas voi olla myös prosessin seuraava vaihe. Materiaalit prosessoidaan jokaisessa työpisteessä ennusteiden mukaan suunnitelluissa ja aikataulutetuissa erissä. Materiaali siirtyy aina seuraavalle työpisteelle, vaikka sen edessä olisi jo työjonoa. Tämä aiheuttaa materiaalipulaa ja odotuksia seuraaville työvaiheille, sillä työvaihe, jonka edessä kertynyt materiaali on, tekee luultavasti vääriä töitä väärään aikaan. Tämä pidentää läpimenoaikaa ja kasvattaa prosessivarastoja. Myös tuotteiden valmistumisajat ovat vaikeasti ennustettavissa. (Drew et al. 2004: 31)

Imuohjauksessa tuotetaan vain se, mitä asiakas tarvitsee. Synkronoimalla yksittäiset vaiheet asiakastarpeilla prosessi imee raaka-aineet aikaisemmilta vaiheilta sovitun täydennysperiaatteiden mukaisesti. Tämä helpottaa suuresti tuotannonohjausta, sillä kulu- tus ja varastojen täydennys on hallinnassa. (Drew et al. 2004: 31)

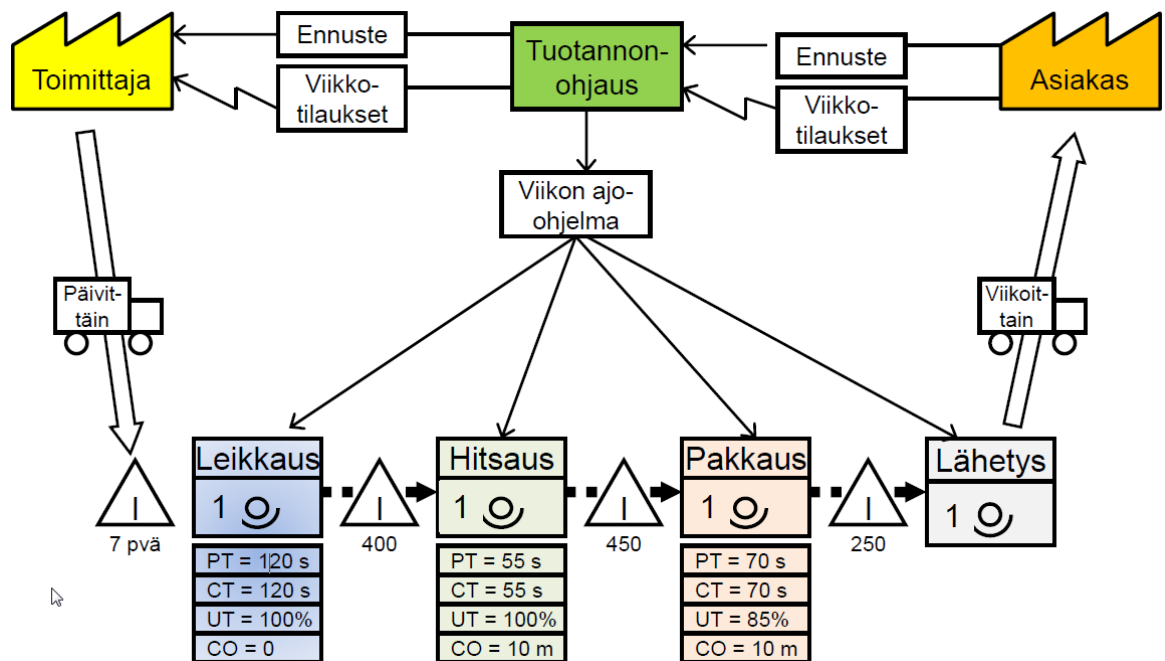
Imuohjausjärjestelmiä voidaan rakentaa monia erikaltaisia. Niissä kuitenkin oleellista on se, että aina tehdään vain, kun signaali on saatu seuraavalta työvaiheelta. ). Signaali voi olla jokin visuaalinen tapa ilmoittaa materiaalin tarpeesta, esimerkiksi Kanban-kortti, jossa on tiedot tarvittavasta materiaalista. Yleensä tämä signaali kertoo, että työvaihe voi tehdä korvaavan tuotteen, jonka seuraava vaihe on käyttänyt (”make to stock”). Tällöin seuraavalla vaiheella on taas ennalta sovittu määrä oikeita raaka-aineita. Toinen vaihtoehto on, että signaali pyytää tekemään kysynnän mukaan (”make to order”). Tämä on yleistä silloin, kun samalla linjalla tehdään useita erilaisia tuotteita, eikä kaikkia voi pitää valmiina varastossa. Samoin tuotteen käyttöaika voi olla rajoitettu. Esimerkiksi hampurilaisravintolassa pihvinpaistaja ei voi paistaa pihvejä varastoon. Ne tehdään vasta, kun niitä pyydetään seuraavasta vaiheesta. Jokaisella tuotantovaiheella on kaksi roolia, sisäinen toimittaja seuraavalle vaiheelle sekä sisäinen asiakas edelliselle vaiheelle. (Drew et al. 2004: 32; Modig et al. 2013: 73)

## 2.7 Kehitystyökaluja

Leaniin on sisällytetty kymmenittäin eri työkaluja. Seuraavassa on esitelty niistä muutamia yleisimmin käytettyjä. Samat ongelmanratkaisutyökalut ovat hyvin käytettäviä kaikissa toiminnoissa. Työkalujen käytössä noudatetaan yleisesti viisivaiheista prosessia: määrittele, mittaa, analysoi, kehitä, kontrolloi. (George et al. 2005: 1)

## Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvaus (Material and Information Flow Analyses, MIFA) aloitetaan tyypillisesti yhden laitoksen sisällä tarkastelemalla yhtä prosessia raaka-aineen tulosta valmiiksi tuotteiksi. Siinä kuvataan samassa graafisessa esityksessä visuaalisesti sekä tuote- että tietovirrat. Kuvauksen (kuva 2.5) avulla pystytään havainnoimaan, mitä työkaluja voidaan käyttää hukan poistoon ja virtauksen parantamiseen. Samalla voidaan tarpeelliset toimenpiteet, joilla päästään haluttuun tavoitetilään. Yleensä kuvauksia tehdään kaksi kappaletta, nykytila sekä haluttu tulevaisuuden tila. (Moisio 2009: 126, 130)



Kuva 2.5 Kuvitteellinen arvovirtakuvaus (Moisio 2009: 157)

Arvovirtaa kartoittaessa tulee keskittyä yhteen tuoteperheeseen kerrallaan. Tuoteperheeseen voidaan laskea tuotteet, joiden valmistamisessa tuotteet käyvät läpi samat työvaiheet ja niiden valmistukseen käytetään samoja komponentteja. Kaikkien tuotteiden arvovirran kuvaaminen kerralla johtaa liian monimutkaiseen lopputulokseen. (Moisio 2009: 126, 130)

## Visualisointi

Visuaalinen ohjain on mikä tahansa viestintäväline, joka kertoo yhdellä silmäyksellä kuinka työ pitäisi tehdä ja poikkeako se standardista. Sen avulla työntekijä näkee välittömästi, miten heidän työnsä sujuu. Se saattaa näyttää minne tavarat kuuluvat, kuinka paljon sinne kuuluu, mikä on standardoitu toteutustapa ja monia muita tietoja. Yleisesti ottaen visuaalinen ohjain tarkoittaa kaikkia JIT-informaatioita, joilla halutaan varmistaa prosessien nopea ja asianmukainen toteutus. Visuaalisuus voi myös tarkoittaa, että vil-

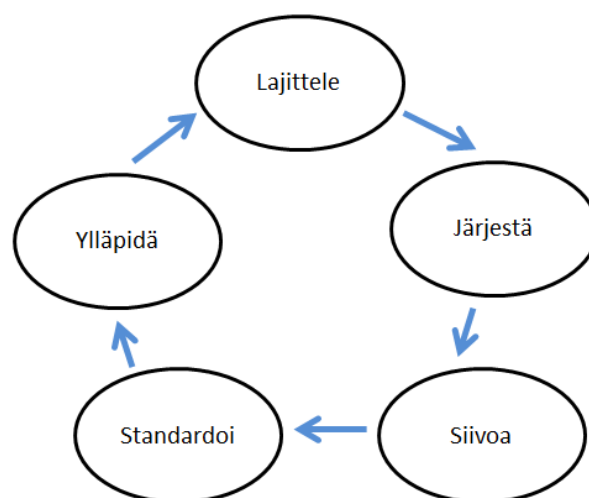
kaisemalla prosessia, varastoa tai informaatiota voi nähdä tehtävässä käytetty standardin sekä mahdolliset poikkeamat siitä. (Liker 2006: 152)

Päivittäin hoidetut, hyvin suunnitellut taulukot ja kaaviot voivat ohjata visuaalisesti toimistoissa. Hyvä esimerkki toimivasta visuaalisesta ohjaimesta arkielämästä on liikennevalot ja –merkit. Hyvät liikennemerkkit eivät tarvitse perehdyttämistä, vaan niiden merkitys on välittömästi selvä. (Liker 2006: 152)

## 5S

5S:n tarkoitus on luoda organisoitu, siisti, turvallinen ja tehokas työpaikka. Se on yritykselle kohdullisen edullinen tapa tehostaa tuottavuutta ja työviihtyvyyttä. 5S muodostuu viidestä eri osasta, jotka japaniksi alkavat S-kirjaimella. 5S-työkalua on tarkoitettu kuvan 2.6 mukaan käytettäväksi toistuvina kierroksina. Kun yksi kierros on saatu tehty, voidaan suorittaa kierros uudelleen. Parhaat tulokset 5S toiminnasta on saatu, kun siihen on sisällytetty säännölliset tarkastukset johdon toimesta joissa palkitaan parhaat tiimit symbolisilla palkinnoilla. (Liker 2006: 150; Moisio 2009: 33)

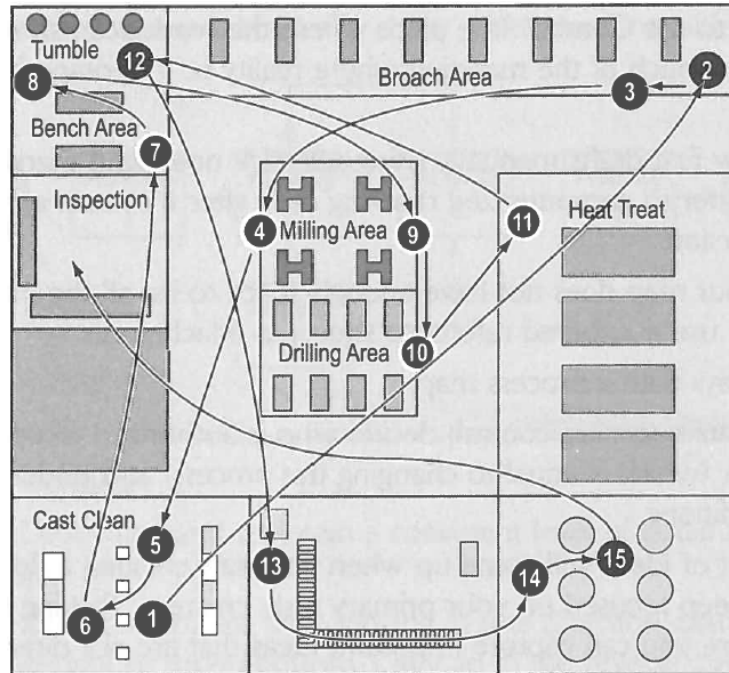
- Seiri: lajittele – käy tavarat läpi ja säilytä vain ne, joita tarvitaan ja heitä pois, mitä ei tarvita.
- Seiton: järjestä – säilytettävälle tavaroille pitää määritellä paikat, jossa ne kuuluu pitää.
- Seiso: siivoa – puhdistusprosessi toimii usein tarkastuksen muotona, joka paljastaa epänormaaleja ja puutteellisia olosuhteita, jotka voisivat vahingoittaa laatua tai aiheuttaa koneeseen vian.
- Shitsuke: standardoi – kehitä järjestelmiä ja toimintaohjeita ylläpitääksesi ja valvoaksesi kolmea ensimmäistä S:ää.
- Sustain: ylläpidä – tasapainoisen työpaikan ylläpito on jatkuva jatkuvan parantamisen prosessi.



**Kuva 2.6** Viisi S:ää (Liker 2006: 151)

## Spagettikaavio

Spagettikaavion (kuva 2.7) avulla voidaan havainnoida esimerkiksi tuotteiden, tiedon tai ihmisten fyysistä liikkumista prosessissa. Kaavion pohjana käytetään todellista tilan pohjakaaviota. Tavoitteena on se, että liikkumista tapahtuisi mahdollisimman vähän. Näin siitä johtuva hukka olisi pientä. (George et al. 2005: 42)



*Kuva 2.7 Kuvitteellinen spagettikaavio (George et al. 2005: 42)*

## Muita työkaluja

Muita hyödyllisiä työkaluja leanissä on paljon. Hyvin yleinen on Poka-Yoke, joka on menetelmä, jolla pyritään poistamaan väärin tekemisen mahdollisuus, esimerkiksi suunnittelemalla komponentti niin, että se on mahdoton asentaa väärässä asennossa. Erittäin merkittävä työkalu on myös TPM (Total Productive Maintenance, ennaltaehkäisevä kunnossapito).



## 3. RELAATIOTIETOKANNAT

Tämän työn kolmannessa luvussa tutustutaan relaatiotietokantojen perusteisiin. Perustekniikka on jo varsin iäkäs, mutta yhä hyvin yleisesti käytössä. Kehitystyössä käytettävä TigrAPS ohjelma on hyvin perinteinen relaatiotietokantasovellutus.

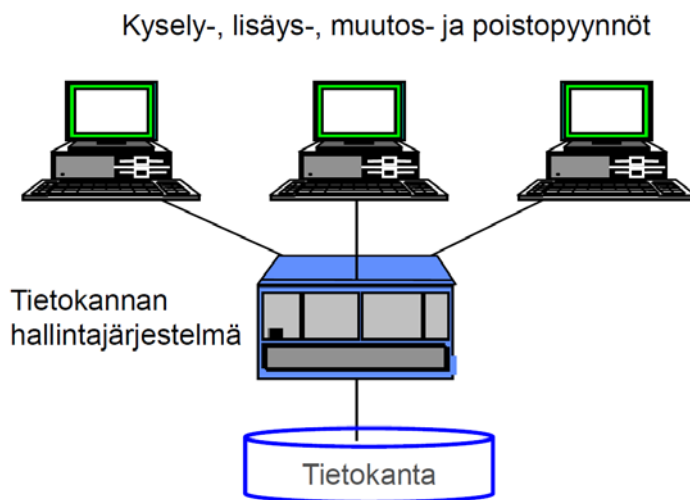
### 3.1 Tietokanta

Tietokanta on termi kokoelmalle yhteen liittyvää tietoa. Tiedolla tarkoitetaan tosiasioita, joita voidaan tallettaa ja joilla on jokin merkitys. Esimerkiksi osoiterekisteri voi olla tietokanta. Tietokannoilla on seuraavat ominaisuudet: (Elmasri et al. 2011: 2)

- Tietokannat esittävät jotain reaali maailman asiaa. Siinä tapahtuvat muutokset heijastuvat tietokantaan.
- Tietokanta on loogisesti johdonmukainen kokoelma tietoa, jolla on jokin luonnollinen tarkoitus.
- Tietokanta on suunniteltu, toteutettu ja täytetty tiettyä tarkoitusta varten. Sillä on tietty ryhmä käyttäjiä ja ennalta valittu sovellutus, jota käyttäjät käyttävät.

Tietokanta voi olla hyvin pieni ja yksinkertainen tai hyvin laaja ja monimutkainen. Esimerkiksi henkilökohtainen puhelin- ja osoiteluettelo voi sisältää muutamia satoja tietoja. Sitä voidaan käyttää ja hallinnoida ilman tietokonetta. Vastaavasti esimerkki suuresta tietokannasta on Amazon.com:in käyttämä tietokanta, jossa on yli 20 miljoonaa kirjaa, CD:tä, videoa, peliä ja muuta tuotetta. Tietokannan koko on yli 2 teratavua ja se on talletettuna hajautettua yli kahdellesadalle palvelimelle. Käyttäjää palvelulle on päivittäin yli 15 miljoonaa. (Elmasri et al. 2011: 3)

Tietokantajärjestelmissä tietokannat jaetaan käyttötietokannoiksi ja analyttisiksi tietokannoiksi. Käyttötietokantoja käyttävät yritykset ja organisaatiot, jotka tallettavat dynaamista dataa. Se tarkoittaa, että data muuttuu koko ajan vastaamaan ajan tasalla olevaa tietoa. Esimerkkejä ovat inventaario-, tilaus-, asiakas- sekä potilastietokannat. Analyttisten tietokantojen data on staattista, eli tietoja ei juurikaan koskaan muuteta ja tietokanta koskee tiettyä ajankohtaa. Niiden avulla käyttäjä voi seurata kehityksen suuntaa tai tehdä pitkäaikaisia suunnitelmia. Esimerkkejä ovat testien tietokannat, taloustilasto- sekä kyselytutkimustietokannat. (Stephens et al. 1999: 3-4)



*Kuva 3.1 Tietokannanhallintajärjestelmä tietokannan apuna (Hovi et al. 2005:5)*

Kuten kuvassa 3.1 on esitetty, tietokannoissa olevien tietojen hallinnointia varten on kehitetty erityisiä tietokannan hallintajärjestelmiä (DBMS). Nämä kaupalliset ohjelmit ovat hyvin monimutkaisia ja isoja ohjelmistoja. Ne tarjoavat monenlaista apua ohjelmoijille sekä käyttäjille. Ohjelmointi ja tiedonhaku helpottuu, suorituskyky paranee, mahdollistavat yhteiskäytön, tietokannan rakenteen muuttaminen joustavaa, tieto on ehyttä jne. Tunnettuja esimerkkejä ovat Oracle, MySQL, Microsoft SQL Server ja Access. (Connolly 2005: 26-33; Hovi et al. 2005: 4-5)

## 3.2 Relaatiotietomalli

Varhaisimmat tietokannat olivat rakenteeltaan verkkomallisia tai hierarkkisia. Relaatiotietomallin kehitti E. F. Codd, joka työskenteli IBM:n tutkijana. Hän oli tyytymätön senaikaisten tietokantamallien kykyyn käsitellä isoja tietomääriä. Matemaattikona hän valitsi lähestyä ongelmaa matemaattisten oppien ja rakenteiden kautta. Vuonna 1970 hän julkaisi työnsä, jossa esiteltiin relaatiotietomallin. Se perustuu matemaattiseen joukko-oppiin. Nimi ”relaatio” tulee termistä, joka on osa joukkoteoriaa. (Hernandez 2000: 5, 8, 11-12)

Tiedot tallennetaan relaatioina, jotka käyttäjä näkee tauluna. Jokainen relaatio muodostuu tietueista sekä kentistä. Niiden fyysisellä järjestyksellä taulussa ei ole merkitystä. Jokainen tietue tunnustetaan kentän avulla, jossa on muista poikkeava arvo. Nämä kaksi relaatiotietokannan ominaisuutta mahdollistavat sen, ettei ole väliä, miten ne on fyysisesti talletettu tietojärjestelmään. Käyttäjän ei tarvitse tuntea tiedon fyysistä paikkaa voidakseen käyttää sitä. Edeltävissä verkko- ja hierarkiamalleissa käyttäjän piti tietää tietojen sijoittelun, jos halusi niitä käyttää. (Hernandez 2000: 12)



Kuva 3.2 Esimerkki kahdesta taulusta (Hovi et al. 2005:8)

Kuvassa 3.2 on kuvattu kaksi taulua. Taulussa YRITYYS on viisi pystysuoraa saraketta eli kenttää. Tiedot tallennetaan kenttien avulla. Jokainen kenttä edustaa taulun, jossa se sijaitsee, tiettyä ominaisuutta. Esimerkiksi nimi on Yrityksen ominaisuus. Tietue on taulun sisäinen rakenne, joka edustaa taulun aiheen tiettyä, ainutlaatuista esiintymää. Taulussa tietueita on viisi eli 5 yritystä. (Hernandez 2000: 41,42)

Jokaisessa taulussa on tunnisteena perusavain. Kuvan 3.2 esimerkissä taulun YRITYYS perusavain on YRTUN. Perusavaimen on oltava yksilöivä eli uniikki. Se tarkoittaa, ettei taulun kahdella tai useammalla tietueella saa olla samaa arvoa perusavainkentässä. Perusavain voidaan muodostaa useammastakin kentästä. (Hovi et al. 2005: 9)

Esimerkkitaulujen välillä on riippuvuus, eli tiedot liittyvät toisiinsa. Jokaisessa yrityksessä voi työskennellä useampia henkilöitä, mutta yksittäinen henkilö toimii vain yhdessä yrityksessä. Tätä kutsutaan isä-lapsi-yhteydeksi tai yhdestä moneen -yhteydeksi. Isällä voi olla useampia lapsia, mutta yhdellä lapsella vain yksi isä. Tämä riippuvuuden määrittelemiseksi Henkilö-tauluun on lisätty kenttä nimeltään YRTUN. Kenttä toimii viiteavaimena, eli se linkittää taulun Yritys-tauluun siellä olevan samannimisen kentän avulla. (Hovi et al. 2005: 9)

### 3.3 SQL

SQL eli Structured Query Language eli suomeksi rakenteinen kyselykieli on yleisesti käytetty standardi, kun käsitellään ja haetaan tietoja reaalitietokannoista. Myös se kehitettiin IBM:n laboratorioissa. Alun perin se otettiin käyttöön IBM DB2 tiedonhallinta-järjestelmään. Nimi on hieman harhaanjohtava, eli vaikka nimessä on sana ”query” eli kysely, SQL:llä tehdään paljon muutakin. SQL:n avulla muun muassa luodaan ja muokataan tauluja, lisätään ja poistetaan tietoa, siirretään tietoa tietokannan sisällä tai siitä

ulos, hallitaan tietokannan käyttöoikeuksia. Nykyisin SQL on lähes jokaisen tietokanta-tuotteen kieli ja se toimii todella monella alustalla. (Stephens et al. 1999: 3, 9-10)

SQL:ää voidaan käyttää vuorovaikutteisesti tietokantaan kytketyltä työasemalta. Se voidaan myös upottaa haluttuun ohjelmointikieleen, kuten esimerkiksi Javaan tai C-kieleen. Relaatiotietokantojen toimittajat ovat rakentaneet käyttäjiä helpottavia toimintoja, jotka perustuvat SQL-kieleen. Monissa toiminnoissa ei enää tarvitse hallita koko SQL-kielen ominaisuuksia ja rivikoodin tarve on vähentynyt. Esimerkiksi taulujen luonti ja muutokset tapahtuvat usein tietojenhallintajärjestelmässä. (Hovi et al. 2005: 10; Connolly 2005: 115)

Uusien tietohallintajärjestelmien graafisilla käyttöliittymillä voi kirjoittaa SQL-käskyjä hiiren klikkauksella. Tämä helpottaa paljon käyttöä. Kuitenkin käsin kirjoitetuille käs-kyille on paikkansa. Ne ovat usein tehokkaampia ja helppolukuisempia kuin liittymän generoimat käskyt. (Stephens et al. 1999: 16-17)

Yleisin tarve SQL-kielen osaamiseen on kyky tehdä kyselyitä tietokantaan. Rakenne on hyvin joustava. Siinä on kuitenkin muutamia sääntöjä, joita tulee noudattaa. Oheisessa yksinkertaisessa esimerkikyselyssä näkyy Select-lauseen rakenne.

```
SELECT
    osasto.osnimi, henkilo.snimi, henkilo.enimi, henkilo.palkka
FROM
    osasto, henkilo
WHERE
    osasto.ostun=henkilo.ostun
    and
    henkilö.palkka>3000 ;
```

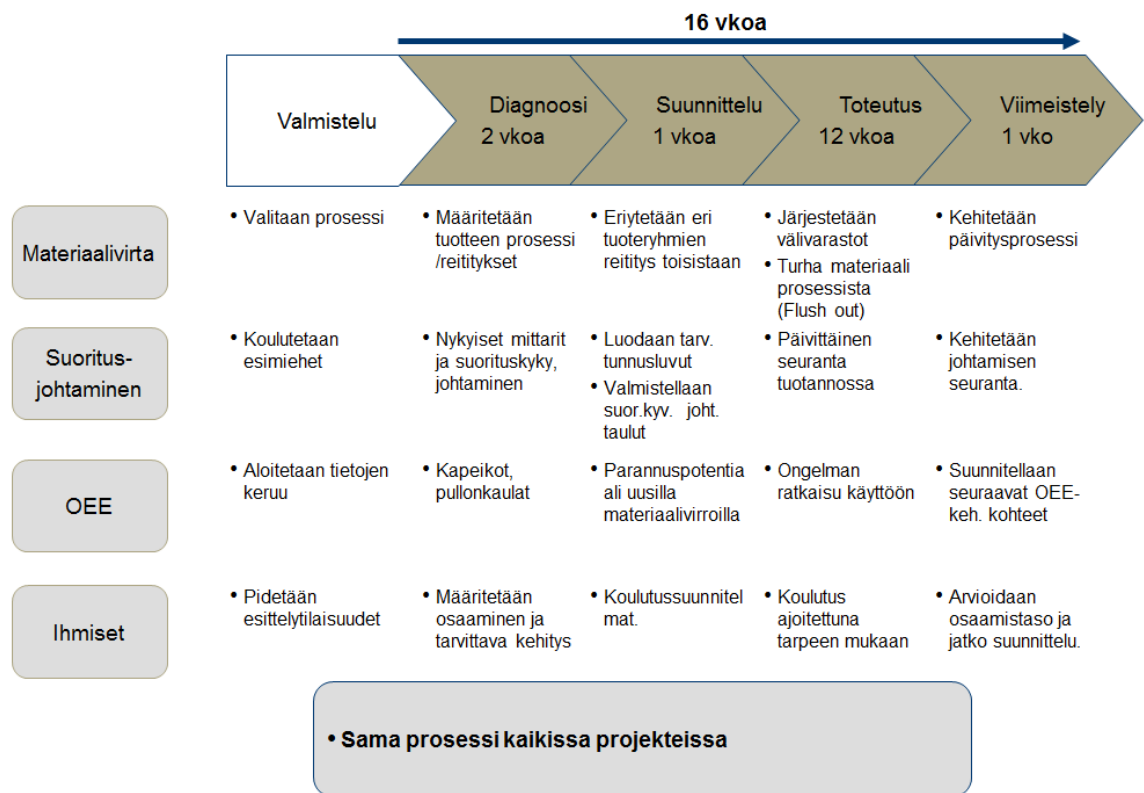
Vastaustaulu:

<u>osnimi</u>	<u>snimi</u>	<u>enimi</u>	<u>palkka</u>
Tietohallinto	Metsä	Mikko	3100
Markkinointi	Joki	Raili	3100

Tietokantana on käytetty kuvan 3.2 esimerkkitauluja. Kyselyssä halutaan määritellä niiden henkilöiden sukunimi, etunimi ja osasto, joiden palkka on enemmän kuin 3000. Select-osassa määritellään ne sarakkeet, jotka halutaan vastaustauluun. From-osassa kerrotaan järjestelmälle taulut, joista tietoa haetaan. Kysely ei osaa käyttää taulujen perus- ja viiteavaimia. Sen takia Where-osa yleensä alkaa kyselyyn valittujen taulujen liittoksella. Käskyllä *osasto.ostun=henkilo.ostun* taulut yhdistetään molemmissa tauluissa olevan sarakkeen *ostun* avulla. Lopussa on vielä asetettu ehto, että palkka tulee olla suurempi kuin 3000. (Stephens et al. 1999: 30-32, 118-121)

## 4. KEHITYSPROJEKTI

Konepajan kehitysprojekti aikataulutettiin LPS:n standardin mukaisesti. Koko projektin aika oli 16 viikkoa, joka jakautui diagnosointiin, suunnitteluun, toteutukseen sekä viimeistelyjaksoon (kuva 4.1). Tuo 16 viikkoa on valittu siten, että siinä voi jo saavuttaa merkittäviä muutoksia, mutta kuitenkin se ei tunnu osallistujista projektin sijasta lopumattomalta prosessilta.



*Kuva 4.1 LPS-aikataulukko (Juhela 2011)*

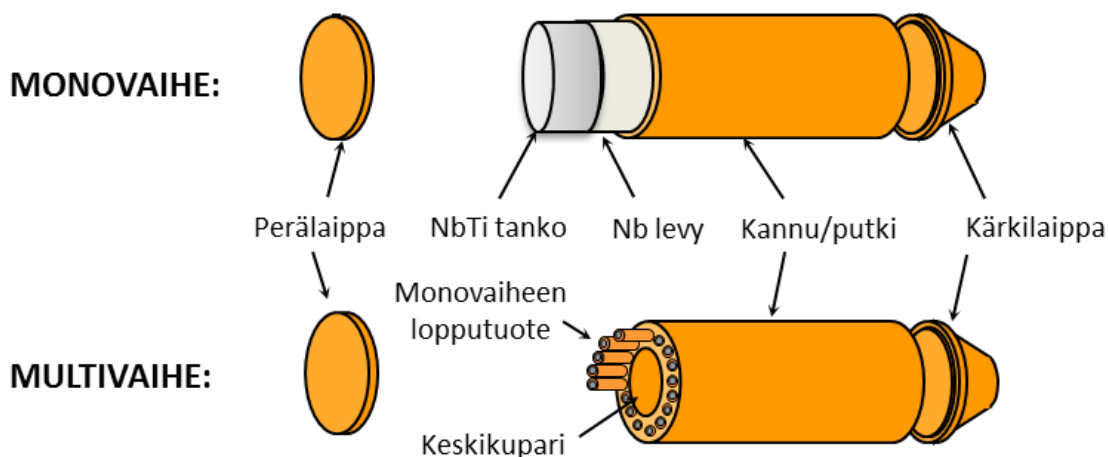
LPS-ryhmään valittiin kolme täysipäiväistä ja kolme osa-aikaista projektijäsentä. Johdon ennakkokäsitys projektista oli, että tietovirtamuutokset tulevat olemaan merkittävämpiä kuin materiaalivirtamuutokset. Tästä johtuen kolmella projektijäseneksi valitulla oli kokemusta tietojärjestelmäkehityksestä. Lisäksi päätettiin teettää diplomityö tietojärjestelmäkehityksestä.

## 4.1 Konepajan kuparikomponenttilinja

Luvatan konepaja koostui neljästä tuoteryhmästä: kuparikomponentit, työkaluvalmistus, työkaluviimeistely sekä grafiittipaja. Jokaisella ryhmällä oli omat tilat, laitteet sekä työntekijät. Ainoastaan kuparikomponentit ja työkaluvalmistus saattoivat tehdä toistensa tehtäviä. Toimihenkilöitä konepajalla oli vain yksi, joka toimi sekä työntekijöiden esimiehenä että tuotannosuunnittelijana. Toimen nimike on aluevastaava.

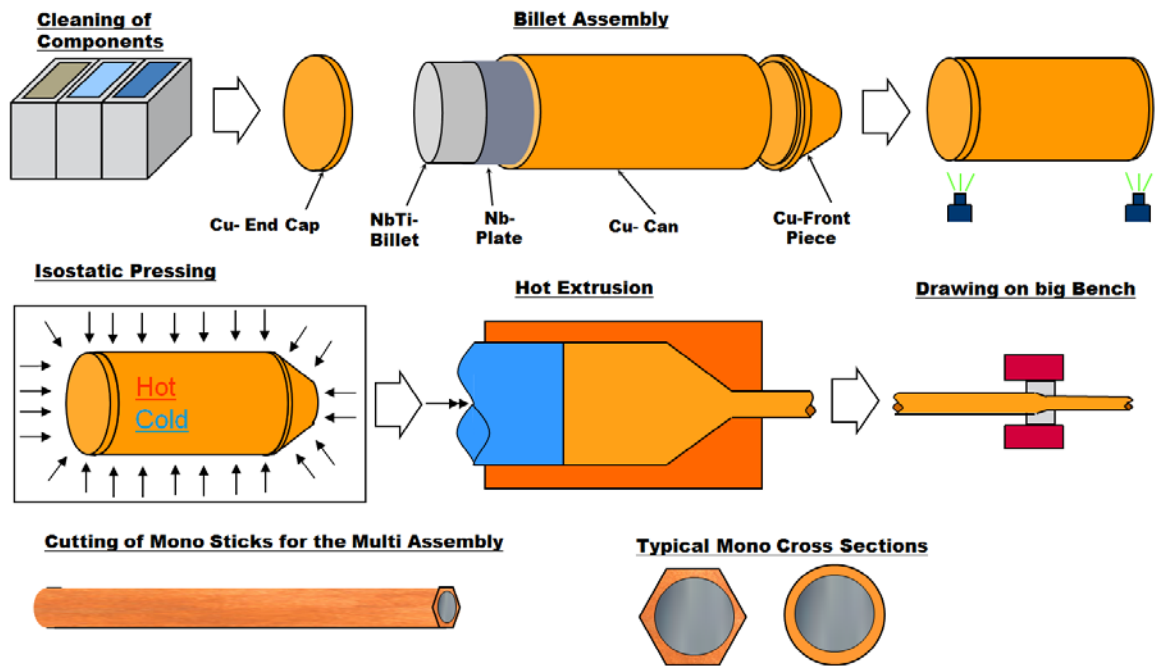
### 4.1.1 Kuparikomponentit suprajohteissa

Kuparikomponenttilinjan lähes kaikki tuotteet menivät Luvatan omille supralankatehtaille, joista toinen sijaitsee Porissa ja toinen Waterbyryssä (Connecticut, USA). Supralankojen valmistamisessa tarvitaan erittäin puhdasta kuparia, jotta käyttötilanteessa häviöt olisivat mahdollisimman pienet sekä mahdollisessa poikkeustilanteessa kupari toimisi virran hetkellisenä varareittinä ohi paikallisen häiriökohdan.



*Kuva 4.2 Suprapötlyn komponentit (Holm 2014: 18, 21)*

Suprajohteiden valmistus on kaksivaiheinen (kuva 4.2). Ensimmäisessä vaiheessa, jota kutsutaan myös monovaiheeksi, niobin ja titaanin seoksesta (NbTi) tehdyn tangon, halkaisija 180-200mm, ympärille kääritään niobista (Nb) tehty levy. Tämän paketin ympärille laitetaan erittäin puhtaasta kuparista valmistettu kannu tai putki. Paketti suljetaan perälaipalla sekä putken ollessa kyseessä myös kärkilaipalla. Porissa käytetyssä mallissa kärkikappale on koneistettu suoraan putkeen kiinni. Koko pakkausoperaatio tapahtuu puhtastilassa ja kaikki komponentit puhdistetaan peittaamalla ennen asennusta. Kun laipat on hitsattu kiinni putkirakenteeseen, tuote on valmis muokausoperaatioihin. Kuvas-  
vassa 4.3 on esitelty tarkemmin monovaiheen tuotantoprosessi.



*Kuva 4.3 Monoprosessi (Holm 2014: 18)*

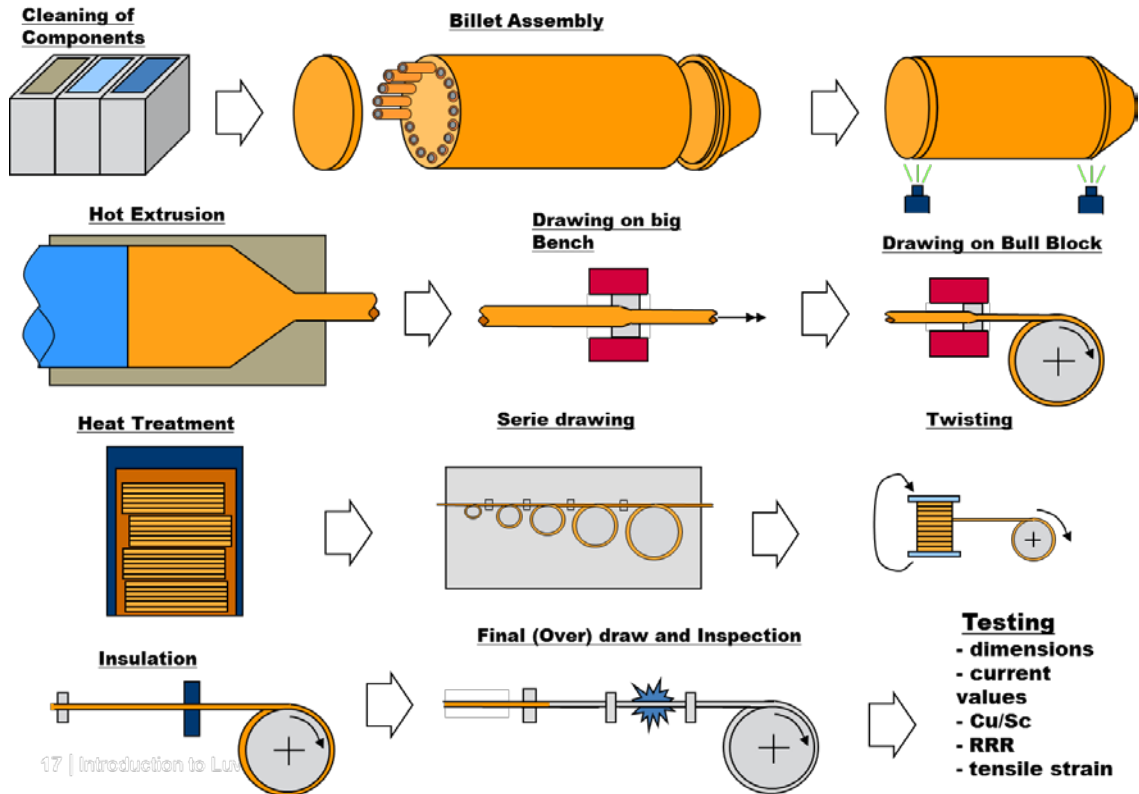
Monovaiheen lopputuotteena saadaan suoria, noin 800 mm pitkiä monopuikkoja, joiden sisällä on NbTi+Nb ydin ja päällä kupari. Tuotteet ovat poikkileikkaukseltaan joko pyöreitä tai kuusioita. Muoto ja halkaisija valitaan sen mukaan, minkälainen lopputuote halutaan tehdä. Kuvassa 4.4 on esimerkkejä monopuikkoista.



*Kuva 4.4 Monotuotteita (Holm 2014: 20)*

Toisessa- eli multivaiheessa pakataan lopputuotteen mukainen rakenne. Erilaisia pakkausmuotoja on useita. Pakkaus noudattaa hyvin paljon monovaihetta. Täällä kertaan paketin keskelle laitetaan kuparitanko ja sen ympärille ladotaan säännöllisesti mono-

puikkoja. Kun kaikki puikot ovat paikoillaan, kasatun paketin päälle laitetaan kuparikannu tai -putki. Paketti viimeistellään laipoilla, jotka hitsataan kiinni kupariputkeen. Tämän jälkeinen muokausprosessi on hieman monimutkaisempi kuin monovaiheen. Prosessi on esitetty kuvassa 4.5.



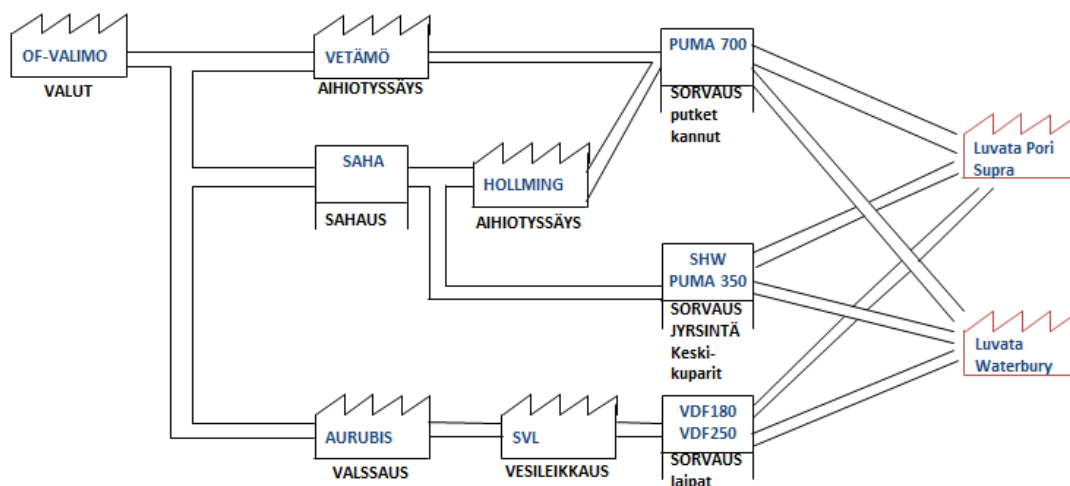
*Kuva 4.5 Multiprosessi (Holm 2014:21)*

Suprajohtavia lankoja ja kaapeleita käytetään voimakkaiden magneettikenttien muodostamiseen. Toiminta lämpötila pitää olla alle kymmenen kelviniä. Tällöin johteet muuttuvat vastuksettomiksi ja sähkövirta etenee häviöttömästi. Lääketieteellinen magneettiresonanssikuvaus (MRI) on ollut kaupallisesti ylivoimaisesti suurin käyttökohde. Suprajohtavia magneetteja käytetään myös muun muassa levitaatiojunissa, hiukkaskiihdytmissä sekä fuusioreaktoreissa. (Holm 2014:21)

#### 4.1.2 Kuparikomponenttien valmistus

Kaikki komponentteihin käytetty kupari tuli omasta valimosta, sillä Luvata Porin kuparivalimo oli maailmalla yksi harvoista, jossa riittävän puhdasta kupari voitiin valmistaa. Ennen valettujen tuotteiden koneistusta tarvittiin paljon muualta alihankittuja työvaiheita. Osa töistä voitiin hankkia Luvata Porin muista yksiköistä ja loput oli hankittava Luvatan ulkopuolelta.





**Kuva 4.6** Kuparikomponenttien yksinkertaistettu materiaalivirta

Kuvassa 4.6. on esitelty komponenttien materiaalivirta. Tuotteet voidaan jakaa valmistusprosessin mukaan kolmeen eri ryhmään.

- Putket/kannut: Valumateriaalista tyssäetään joko Luvata Porin Vetämössä tai alihankkijalla kannuaihio. Jos lopputuote on putki, kannuaihion pohja sahataan pois. Sorvaus tehdään asiakaspiirustusten mukaiseksi.
- Keskikuparit: Valuaihiot sahataan pätkiksi. Päädyt jyrsitään suoriksi. Lopputuote koneistetaan sorvaamalla.
- Laipat: Valssaus alihankitaan samalla tehdasalueella olevassa Aurubis:n valssaamossa. Valssatusta levystä vesileikataan sopivan kokoisia kiekkoja, jotka koneistetaan sorvaamalla lopputuotteeksi.

Konepajalla oli käytettävissä viisi sorvia sekä kolme työstökeskusta. Niistä yhteensä viisi oli allokoitu vain kuparikomponenteille. Lopuilla kolmella koneella koneistettiin säännöllisesti myös työkaluterästä. Kyseisellä konekannalla voitiin tehdä jokaista eri kuparikomponenttia vähintään kahdella eri koneella. Tällä voitiin varmistaa, että mahdollisessa konerikossa tuotteita voitiin yhä valmistaa.

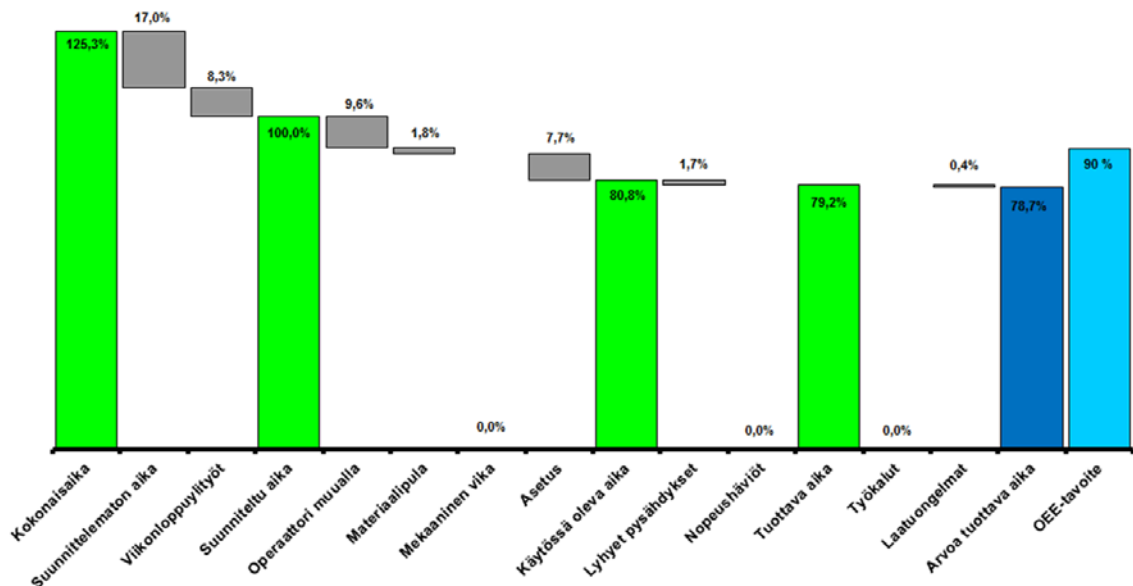
## 4.2 Diagnoosivaihe

Lähtötilanteen kartoituksessa on tärkeää, että todennetaan kohdealueen nykyinen tila eikä yritetä löytää vielä ratkaisuja mahdollisiin epäkohtiin. Merkittävä osa tiedoista pysytään keräämään erilaisista tietojärjestelmistä, mutta yhtä tärkeässä asemassa ovat käyttäjät. Rakentavan ilmapiirin luomiseksi projektiryhmän toimesta pidettiin useita tiedotustilaisuuksia, joissa esiteltiin Luvatan kehittämää ja konsernitason laajasti käyttämää LPS-ohjelmaa, aikaisemmin tehtyjä projekteja ja niiden saavutuksia. Tärkein sanoma oli, ettei kenenkään tarvitse tehdä enempää kuin aikaisemmin. Etu tulee tekemällä työt järkevämmiin.

Toimitusmäärät olivat lisääntyneet viimeisen vuoden aikana kymmeniä prosentteja. Tämä oli aiheuttanut melkoisesti muutoksia tuotantoon. Varastot olivat kasvaneet, samoin ylityömäärät. Loppuasiakkaan kannalta merkittävintä oli se, että toimitusvarmuus (OTIF, On-Time In-Full) oli romahtanut tasolle 50 %. Vain puolet tilatuista komponenteista saapui asiakkaalle, kuten he olivat pyytäneet. Tätä oli yritetty paikata lennättämällä tuotteita. Painavien kuparikappaleiden lentorahti on noin 10 kertaa kalliimpaa kuin niiden kuljettaminen merikonteissa.

#### 4.2.1 Konetehokkuus

Jos halutaan mahdollisimman paljon tuotteita läpi prosessin, tulee arvoa tuottava aika maksimoida. Luvatussa on konetehokkuuden (OEE) määrittelyssä apuna niin sanottu vesiputousmalli. Siinä kokonaisajasta vähennetään kaikki ajalliset hukat. Hukat jakautuvat käytettävyys-, nopeus- ja laatu hukkaan. Kuvassa 4.7 on esitelty yhden avainkoneen tulokset.



*Kuva 4.7 Puma 700 konetehokkuus*

Konetehokkuuslaskelmissa suunniteltuna kokonaisaikana käytetään 100 prosenttia. Kokonaisaika voi olla enemmän esimerkiksi ylitöistä johtuen. Käytettävyttä vähentävät yleisesti asetukset, konerikot sekä materiaalipuutteet. Nopeushäviötä on se, että konetta ei käytetä suunnitellulla nopeudella. Myös ylimääräiset pysähdykset lisäävät nopeushukkaa. Lopussa tuottavasta ajasta vähennetään laadulliset hukat. Viallisten tuotteiden lisäksi niihin kuuluvat myös mahdollisesti työkaluista johtuvat ongelmat.

OEE on toimitusvarmuuden ohella vakio suorituskyky mittari (KPI), joka löytyy jokaisesta Luvatan tuotantoyksiköstä. Tavoitetaso on konekohtainen. Jatkuvakäyttöisissä automaattilinjoissa tavoite voi olla lähes 100 %. Taas koneissa, jossa itse työvaihe on ajallisesti hyvin lyhyt verrattuna valmisteluihin, OEE voi olla jopa alle 10 %. Jos kone-

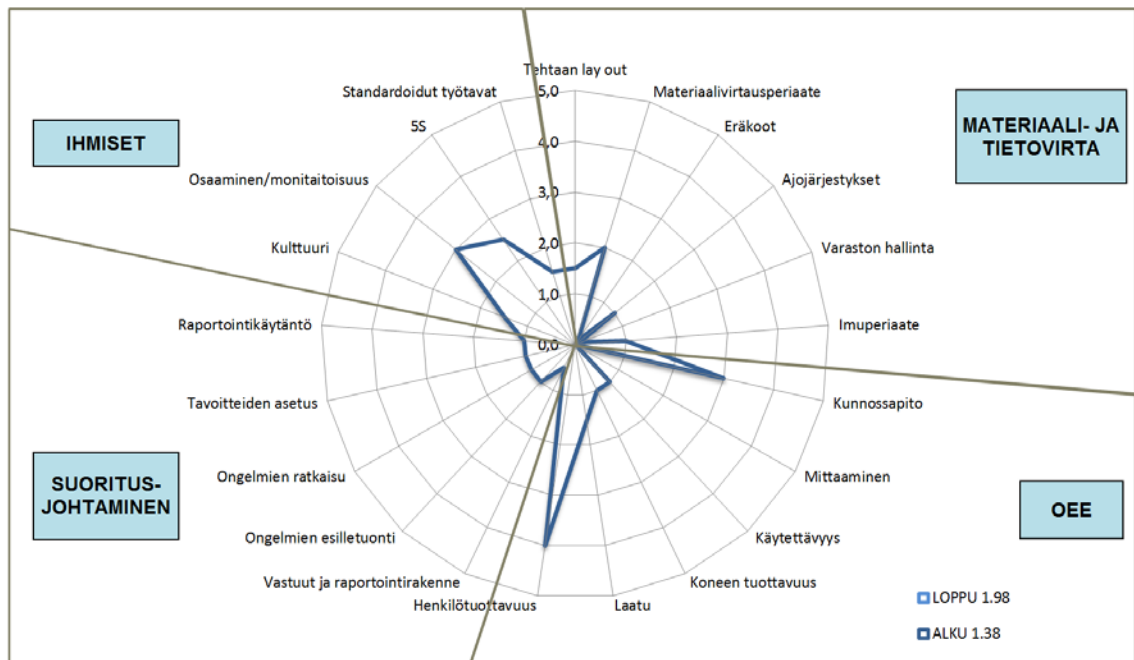
tehokkuuden päivittäiset arvot vaihtelevat paljon, se kertoo prosessin hallintaongelmista. Kuparikomponenttilinjalta valittiin kaksi avainkoneetta, joiden OEE arvoja aloitettiin seuraamaan. Koneet olivat Puma 700 sekä Puma 350.

Koneiden häiriöistä muistetaan helposti sellaiset, jotka pysäyttävät koko prosessin. Kyseessä ovat yleensä yksittäiset ja erityisyyistä johtuvat syyt. Työn sujuvuuden kannalta merkittävämpiä ovat kuitenkin piilevistä vioista ja ongelmista johtuvat krooniset häiriöt. Niiden poistaminen lähtee ongelman juurisyyn hakemisesta. OEE-mittausten tiedonkeruun tuloksia voidaan hyvin käyttää ongelmien kartoitukseen.

#### 4.2.2 LPS tehdasarviointi

Diagnoosivaiheen lopuksi kohdealue arvioidaan noudattamalla koko Luvatassa käytettävää kuvausmallia. Siinä toiminnot on jaettu neljään osaan: materiaalivirrat, ihmiset, suoritusjohtaminen sekä OEE. Jokainen osa on jaettu useampaan tarkentavaan osaluueeseen. Nämä osa-alueet pisteytetään arvoilla 0-5. Jotta pisteytys olisi yhtenäistä kaikissa Luvatatan tehtaissa, avuksi on tehty määrittelymatriisi. (Sheppard 2006: 1-5)

Kuvassa 4.8 on kuparikomponenttilinjan lähtötilanne. Keskiarvoksi tuli 1.38. Arvioinnin suoritti projektiryhmä sekä LPS-asiantuntijoita muista yksiköistä. Numeroarvojen lisäksi jokaiseen kohtaan määriteltiin perustelut sekä mahdolliset kehityskohteet. Luvatassa tavoitetaso on kolme. Keskiarvon ylittäessä tavoitetason toimintoa voidaan kutsua lean-organisaatioksi. Arvio uusitaan kerran vuodessa, eli jatkuvalla kehityksellä ja oppimalla edellistä arvioinnista tulosta on mahdollista parantaa.

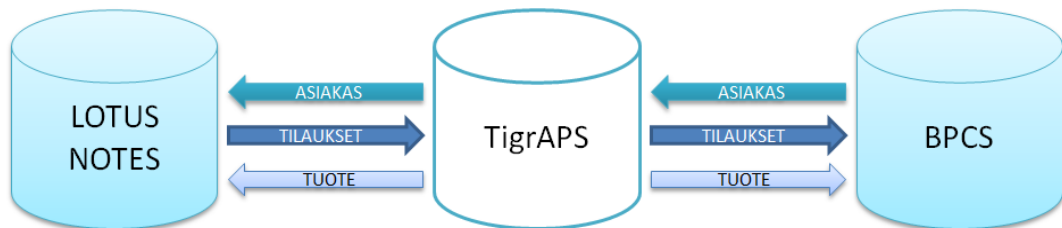


Kuva 4.8 LPS tehdasarviointi lähtötilanteessa

Materiaali- ja tietovirtojen lähtötilanne oli melko heikko. Projektissa pyritään tietojärjestelmien kehityksellä saamaan aikaan merkittävää parannusta. Järjestelmäkehityksellä voidaan tukea myös muissa toiminnoissa.

### 4.2.3 Tietojärjestelmät

Luvata Pori Oy:n tietojärjestelmät perustuvat yleisesti kolmen ohjelmiston kokonaisuuteen. Kuvassa 4.9 on esitelty mahdolliset liittymät ohjelmistojen välillä.



*Kuva 4.9 Luvata Pori Oy:n perustietojärjestelmärakenne*

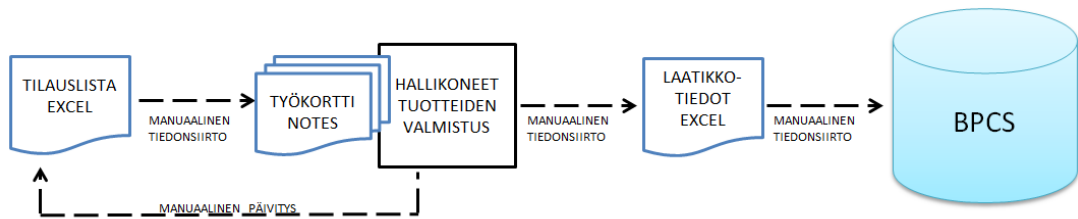
**BPSC** (Business Planning and Control System) on System Software Associatesin (SSA) kehittämä ohjelmisto talouden toimintoihin. Niitä ovat muun muassa lähetys, laskutus ja reskontra. Ohjelmisto toimii IBM AS/400-alustalla. Liittymät TigrAPS:n suuntaan tapahtuvat siirtotiedostojen avulla.

**TigrAPS** on kanadalainen tuotannonohjaukseen kehitetty tietokantaohjelmisto 1990-luvun lopulta. Käytetty SQL-kieli pohjautuu FoxPro-kieleen. Erityistä ohjelmistossa on se, että se on tiedostopohjainen (File Server). Tietokannan taulut ovat erillisiä tiedostoja, jotka sijaitsevat palvelimella. Jokaisessa työasemassa on asennettuna TigrAPS-ohjelma, joka käyttää palvelimella olevia tiedostoja. Yleensä tietokannat pohjautuvat asiakas-palvelinarkkitehtuuriin (Client Server), jossa palvelimella käynnissä oleva tietokannanhallintajärjestelmä hallinnoi käytettävää tietokantaa. Työasemat lähettävät pyyntöjä palvelimelle, jossa varsinaiset toiminnot tapahtuvat. (Kembhavi 1998: 3-5)

TigrAPS:n merkittävimäksi haasteeksi on osoittautunut useampi samanaikainen käyttäjä. Alun perin tietokanta on tarkoitettu yhdelle käyttäjälle. Luvataassa samanaikaisia käyttäjiä voi olla samassa kannassa jopa 20. Ilman palvelimen tukea riski konflikteihin on suuri. Tällöin useampi työasema yrittää lisätä tai muuttaa samaa tietoa. Ohjelmistossa tämä mahdollisuus on minimoitu niin sanotuilla Y-tauluilla. Nämä ovat käyttäjäkohtaisia ja sijaitsevat työaseman omalla kovalevyllä. (Kembhavi 1998: 433-434)

**Lotus Notes** on IBM:n työryhmäohjelmisto, joka on yrityksissä laajalti käytetty sähköpostien ja kalentereiden ylläpitoon. Ohjelmistoon on mahdollista joustavasti ohjelmoida omia toimintoja. Hyvien etäkäyttöominaisuuksien ansiosta Luvata Pori Oy:ssä Notes on erityisesti myyntiorganisaation työkalu. Uudet asiakastilaukset syötetään Notesiin, josta

ne siirtyvät automaattiliittymien avulla TigrAPS:n kautta BPCS:iin. Notesissa on myös esimerkiksi tietokannat asiakasvierailuista ja myyntisaatavista sekä ryhmäkalerit.



**Kuva 4.10** Informaatiovirta kohdealueella

Kohdealueella, eli kuparikomponenttilinjalla, ei hyödynnetty yrityksen tietojärjestelmän antamia mahdollisuuksia. Käytössä oli lukuisia ohjelmistoja, joiden välissä ei pääsääntöisesti kulkenut tietoa. Tiedot syötettiin manuaalisesti tarpeiden mukaan (kuva 4.10). Sama tieto saatettiin syöttää useaan eri paikkaan.

### 4.3 Suunnitteluvaihe

Diagnosointivaiheen tulokset vahvistivat lähtötilanteen oletukset. Töiden suunnittelua ja ohjausta kehittämällä on mahdollista parantaa konetehokkuutta ja läpimenoaikaa sekä samanaikaisesti pienentää varastoja. Suunnitteluvaiheen lopussa määriteltiin seurattavat KPI-mittarit. Taulukossa 4.1 on esitelty kyseiset mittarit sekä lähtötilanne ja tavoite projektin lopussa.

**Taulukko 4.1** Projektin tavoitteet

Mittari	Lähtötaso	Tavoite projektin lopussa
OTIF-toimitusvarmuus	50 %	85 %
Varasto (t)	236 t	165 t
Varaston riitto (pv)	81 pv	57 pv
Tuotannon läpimenoaika (pv)	16 pv	7 pv
OEE Puma 700	79 %	90 %
OEE Puma 350	62 %	70 %

KPI-mittareiksi pyritään aina valitsemaan sellaiset, joita on helppo mitata sekä ymmärtää niiden merkitys. Toimitusvarmuus sekä konetehokkuus löytyvät kaikista Luvatan LPS-mittaristoista. Loput voidaan valita aina tapauskohtaisesti. Viimekädessä omistajaa kiinnostaa raha, eli määriteltiin projektin suurimmat taloudelliset mahdollisuudet (taulukko 4.2).

**Taulukko 4.2** Projektin potentiaali

Osa-alue	Lähtötilanne	Tavoite	Potentiaali
Isojen putkien alihankintakoneistukset	1700 kpl/vuosi = 76,5 k€/vuosi	0 € = -76,5 k€	76,5 k€
Ylityöt Puma 700	600 h/vuosi = 31,5 k€/vuosi	-80 % = -25 k€	25 k€
Kuparien lentorahdit → USA	120 k€/vuosi	0 = -120 k€	120 k€
Varastoinnin kustannus (22 %)	1510 k€ * 0,22 = 330 k€	-30 % = -100 k€	100 k€
Varaston arvo (6400€/tonni)	236 tonnia = 1510 k€	-30 % = -450 k€	450 k€ kertaluonteinen

Osa vaikutuksista oli jatkuvia ja osa kertaluonteisia. Yhteenveto vaikutuksista talouden lukuihin on esitelty taulukossa 4.3. Numeroista käy ilmi, että tavoiteltu taloudellinen kehitys on erittäin merkittävä. Vertailuna voidaan pitää projektin budjettia, joka oli sata-tuhatta euroa. Tavoite perustui Luvatan kokemuksiin aikaisemmista vastaavista projekteista.

**Taulukko 4.3** Potentiaalın vaikutus talouden lukuihin

Talouden osio	Vaikutus (k€)
Tuloslaskelma	320 k€
Tase	450 k€
Kassavirta	770 k€

Projektissa tehtävistä muutoksista laadittiin suunnitelmat ja niille vastuuhenkilöt. Tietotekniset mahdollisuudet olivat merkittävässä roolissa lähes kaikissa kehityskohdissa.

## 4.4 Toteutusvaihe

Suunnitteluvaihe kesti vain yhden viikon, joten kaikki sovitut muutokset ja kehitykset tehtiin käyttöönottovaiheessa. Prosessi oli hyvin interaktiivinen, eli kaikki tehtiin yhteistyössä LPS tiimin, työntekijöiden sekä johdon kanssa. Käyttöönoton aikana palaverikäytäntönä oli maanantainen viikkopalaveri sekä päivittäinen tiimipalaveri.

Konepajan LPS-projekti oli laaja kokonaisuus, joka jaettiin standardin mukaan neljään osa-alueeseen, eli materiaali- ja tietovirrat, konetehokkuus, suoritusjohtaminen sekä ihmiset. Tämä diplomityö oli rajattu koskemaan tietojärjestelmäkehitystä. Sillä voitiin edistää melkoisesti kaikkia kyseisiä alueita. Seuraavassa on esitelty merkittävimmät tietotekniset muutokset LPS-projektin aikana.

### 4.4.1 Alkutietojen syöttö

Diagnosointivaiheessa saatujen tietojen pohjalta alettiin rakentaa sopivaa järjestelmää TigrAPS-ohjelmaan. Tarkoituksena aloittaa yksinkertaisilla toiminnoilla mutta jättää mahdollisuudet lisätä myöhemmin toimintoja esimerkiksi seuraavissa LPS-projekteissa.

Jotta TigrAPS-ohjelmaa voisi hyödyntää, ohjelmiston nykyisiin tauluihin piti täydentää tietoa sekä luoda uusia sarakkeita ja tauluja. Lähtötilanteessa järjestelmässä oli käytössä vain yksinkertaiset taulut tuotteille, tilauksille sekä asiakastiedoille. Tauluja oli tarvittu vain jotta tiedot saatiin kulkemaan liittymien kautta myynnin järjestelmän (NSM) ja talouden järjestelmän (BPCS) välillä.

Ensimmäisenä vaiheena oli luoda työkoneet järjestelmään sekä syöttää niille tarvittavat parametrit. Tauluina hyödynnettiin ohjelmiston omia oletustauluja. Kun konetiedot olivat syötettyinä, päästiin täydentämään tuotetietoja. Jokaiselle tuotteelle saattoi syöttää useita eri tietoja, kuten dimensioita sekä mekaanisia ominaisuuksia. Lisäksi oli erillinen lapsitaulu tuotehuomautuksille sekä tuotantovaiheille. Jälkimmäiseen tauluun syötettiin tuotteen tekemisessä tarvittavat koneet vaiheittain.

Järjestelmän perusta alkoi olla hyvällä tasolla, kun tarvittavat perustietoa sisältävät taulut tietoineen oli saatu päivitettyä. Nyt oli käytössä kaikki tilaus-, tuote- sekä konetiedot. Tämä rakenne, jossa kaikilla perustiedoilla on omat taulut, mahdollistaa sen, ettei yhden asian muuttuessa tarvitse muuttaa samaa tietoa useaan eri paikkaan. Esimerkiksi jos tuotteen tullikoodi muuttuu, tietoa ei tarvitse muuttaa jokaiselle tuotteen tilaukselle. Riittää kun tieto on päivitetty tuotteelle tuotetaulussa. Jos tullikoodia tarvitaan, se haetaan tilauksen tuotekoodin perusteella tuosta taulusta. TigrAPS:n SQL-tyyppisellä kyse-lykielellä saattaa yhdistää hyvin monipuolisesti tietoa eri taulujen datasta.

#### 4.4.2 Tuotannosuunnittelu ja töiden vapautus

Aikaisemmin järjestelmässä tulostettiin työkortteja sitä mukaa kun asiakastilauksia saatiin. Se mahdollisti sen, että koneella saatettiin tehdä työt osastolle epäedullisessa järjestyksessä. Samanlaisia töitä saatettiin yhdistää, jotta työkalujen vaihtoja ei tarvinnut tehdä. Työt valmistuivat ennakolta määrittelemättömänä aikana jolloin toimitusvarmuus kärsi ja keskeneräisten töiden varastot olivat suuret.

Ensimmäisenä tuotannolle tehtiin omat tilaustaulut. Kyseisiin tauluihin kerättiin tuotannolle kaikki tarvittavat tiedot perustietotauluista. Tietojen päivittämistä varten kaikki tarvittavat kyselyt nidottiin yhteen. Tämä kyselypaketti aikataulutettiin niin, että jos tilaus-, asiakas- tai tuotetietoihin tuli uusia tai muuttuneita tietoja, nämä päivittyivät automaattisesti myös tuotannon tilaustauluihin.

TigrASP:n käyttöä datan analysoinnissa rajoittaa se, että tarvitaan kyselykielen sekä taulurakenteiden tuntemusta. Tuotannosuunnittelua varten päätettiin hyödyntää Microsoft Excel -taulukkolaskentaa. Ohjelmaan lisättiin valintapainike, joka saa ohjelman keräämään kaikki avoimet tilaukset ja niiden tiedot sekä tallettamaan ne tiedostoksi käyttäjän kovalevylle. Tiedosto avataan Excel-ohjelmassa. Jokaisen koneen avoimet työt ovat omilla välilehdillään. Tuotannosuunnittelija vapauttaa haluamansa tilaukset hallikoneilla nähtäväksi. Oletuksena tilaukset ovat listalla luvatus toimituspäivän mukaan aikaisemmasta myöhäisempään. Tuotannosuunnittelijalla on mahdollisuus priorisoida tilauksien järjestystä, jos sellaista tarvitaan. Kun kaikki työt on saatu haluttuun järjestyksen, tiedosto talletetaan. TigrAPS:ssa olevalla toisella painikkeella saadaan ohjelma päivittämään tiedoston tiedot takaisin tuotannon tilaustauluihin.

#### 4.4.3 Konenäyttö

Jotta voitiin luopua paperisista työohjeista, vastaava tieto piti saada muulla tavalla operaattoreiden käyttöön. Avainkoneille halliin hankittiin tietokoneet, joihin asennettiin TigrAPS-ohjelmisto. Ohjelmiston käyttöoikeuksien hallinta käyttäjä- ja ryhmätunnusten avulla oli monipuolista. Jokaiselle käyttäjälle tai ryhmälle voi määritellä mitä kyseinen käyttäjä voi tehdä ja nähdä ohjelmassa. Hallikoneita varten luotiin tunnukset, joiden oikeudet olivat hyvin tiukasti rajattu.



The screenshot shows a software window titled "W11: Konepajan ajojärjestys [2:WPUMA700:PUMA700:821133/003:10]". It contains a table with columns: AjoNo, Vko, LPvm, Tilaus, AsTilaus, Vaihe, Aloit?, TilattuKpl, TehtyKpl, TilausValmis?, RomuKpl, and Tuote. The table has three rows of data. Below the table is an "EDIT" dialog box for the selected row (AjoNo: 2). The dialog box contains fields for: AjoNo (2), Kone (PUMA700), Vko (2), LPvm (13.01.2016), Tilaus (821133/003), AsTilaus, Vaihe (10), TilattuKpl (10), TehtyKpl (3), TilausValmis? (K), RomuKpl (0), Tuote (KANNU OK01 STD ISO), Asiak (LUVATA PORI OY/SUPRA), Tuote (178998952), and PieceWt (79.8).

AjoNo	Vko	LPvm	Tilaus	AsTilaus	Vaihe	Aloit?	TilattuKpl	TehtyKpl	TilausValmis?	RomuKpl	Tuote
2	2	13.01.2016	821133/003		10	A	10	3	K	0	KANNU OK01 STD ISO
3	3	21.01.2016	821135/001	PO005027	10		25	0		0	MONOPUTKI 2% 21049
4	3	21.01.2016	821136/001	PO005025	10		65	0		0	PUTKI D 309.8 20568

**Kuva 4.11 Konenäyttö**

Ensimmäiseksi kehitettiin konenäyttötaulut (kuva 4.11), eli taulut, josta operaattorit saattoivat nähdä avoimet työt siinä järjestyksessä, kun ne on suunniteltu tehtäväksi. Jos työllä oli edellisiä työvaiheita, työ tuli näkyviin vasta kun edelliset vaiheet olivat kuitattu tehdyksi ja työ oli mahdollista aloittaa koneella. Ensimmäisestä taulusta valitaan työ-kone ja toisessa taulussa näkyvät kaikki kyseisen koneen työt. Monella koneella ei varsinaista valinnanvaraa ole eli on valittavana vain kyseinen työpiste. Hallin yhteiskäyttö-koneella ja toimihenkilöillä oli taas mahdollisuus valita useammasta koneesta.

Järjestelmän haluttiin toimivan molempiin suuntiin. Jokaiselle työvaiheelle lisättiin kenttä aloitus- ja lopetusmerkkiä varten. Kun koneella aloitettiin työ, kyseisen tilauksen aloituskenttään merkattiin "A". Tämä automaattisesti talletti aloitusajan ja -päivän tuotannon tilaustauluihin. Vastaavasti merkkiaamalla "V", voitiin merkitä työ valmiiksi. Myös tällöin lopetusajankohta tallentui järjestelmään omalle paikalleen. Erikoistapauksia varten oli mahdollista myös syöttää lopetuskenttään "K", joka tarkoitti sitä, että tilaus on jäänyt jostakin syystä kesken. Tämä töiden aloitus- ja lopetusmerkintä mahdollisti sen, että järjestelmissä oli aina reaaliaikainen tieto hallissa olevista töistä.

Jokaisella työkonella oli hieman erilaiset tarpeet eli myös tauluissa oli eroja. Aloittaviin koneisiin lisättiin muun muassa mahdollisuus syöttää tilaukselle käytettävät valannenumerot. Näin aikaisemmin paperille kerätty jäljitettävyyden saatiin siirrettyä tietokoneelle.

#### 4.4.4 Töiden pakkaus ja allokointi tilauksille

LPS-projektissa käytiin läpi prosessi raaka-aineen tilaamisesta laskutukseen. Analysoinnissa havaittiin, että erittäin työllistävä työvaihe on ollut pakattujen laatikoiden tietojen siirtäminen laskutettavaksi tiedoksi. Paperisien työohjeiden perusteella tehtyjen töiden valmistuttua tuotteet pakattiin laatikoihin. Laatikoiden sisällöstä kirjoitettiin paperinen dokumentti, jonka tiedot tuotannonsuunnittelu syötti Excel-tiedostoon. Tiedos-

toon lisättiin käsin kaikki tarvittavat tiedot. Niitä olivat esimerkiksi asiakkaan tilausnumerot sekä käytetyt valannenumerot. Kun lähetys oli valmiina, tiedostosta tulostettiin osoitelaput, jotka vietiin valmistuotevarastossa oleviin laatikoihin.

Sama tiedosto toimitettiin seuraavaksi vientimyyjille, jotka syöttivät samat tiedot manuaalisesti BPCS:iin. Ensimmäisessä BPCS-ohjelmassa luotiin laatikot. Seuraavaksi siirryttiin seuraavaan ohjelmaan, jossa tehdyt laatikot allokoitiin oikealle tilaukselle. Vasta tämän jälkeen saattoi lähettää ja laskuttaa tuotteet.

The screenshot shows a software window titled "W13: Kollitiedot-ADD". It contains a grid of input fields for a shipping order. The fields are organized into two columns. The left column includes fields for date (PakPvm), order number (OrderNo), quantity (Kolli), type (Tyyppi), dimensions (Pituus, Leveys, Korkeus), weight (Kpl, Netto, Brutto), value (ValuNo), warehouse (Varastopaikka), origin (Tulosta), and volume (P-Ala). The right column includes fields for lot number (LotNo), warehouse (WhseFr), location (LocFr), destination (WhseTo, LocTo), product (Tuote), material (MYks), weight (Kpl/Lbs), a checkbox for "Free?", order reference (Tilaukselta), code (Code1), and price (KplPaino). Many fields have dropdown arrows or are highlighted in red.

PakPvm:	30.12.2015	LotNo:	821133/003 / 2
OrderNo:	821133/003	WhseFr:	6P
Kolli:	2	LocFr:	KANNU
Tyyppi:	LTK	WhseTo:	6T
Pituus(mm):	1100	LocTo:	KANNU
Leveys(mm):	1000	Tuote:	178998952
Korkeus(mm):	430	MYks:	PC
Kpl:	3	Kpl/Lbs:	0.000
Netto(Kg):	239.4	Free ?:	<input type="checkbox"/>
Brutto(Kg):	291.4	Tilaukselta:	
ValuNo:	524568	Code1:	LOGO
Varastopaikka:	T1	KplPaino:	79.80000
Tulosta:			
P-Ala(m3):	0.4730000000		

*Kuva 4.12 Laatikkotietojen syöttö*

Tämä vientimyyjien tekemä aikaa vievä operaatio päätettiin siirtää hallikoneille operaattoreiden tehtäväksi. TigrAPS:ssa oli valmiina taulut pakkaustiedoille. Tietoturvan takia ei haluttu päästää operaattoreita syöttämään tietoja suoraan näihin tauluihin. Niinpä luotiin uusi toiminto, jossa oli yksinkertaista syöttää järjestelmään pakattavien laatikoiden tiedot. Kun ohjelmalle oli syötetty haluttu tilausnumero, ohjelma kerää tuote- ja tilaus-tauluista kaikki tarvittavat tiedot ja avaa esitätetyn hallipakkaustaulun (kuva 4.12). Jos samalle tilaukselle oli aikaisemmin pakattu laatikoita, ohjelma osasi automaattisesti tarjota seuraavaa laatikkonumeroa. Ohjelmasta saattoi koko ajan nähdä kaikkien tilaukselle pakattujen kappaleiden yhteismäärä ja -paino. Operaattorin ei tarvinnut muuta kuin syöttää käytetyn laatikon koodi, pakattavien kappaleiden määrä sekä valannenumerot. Tuotetiedoista ohjelma osasi tarjota oletuslaatikkoa pakattavalle tuotteelle. Jos esimerkiksi eräkoosta johtuen käytettiin toista laatikkomallia, se oli helppo vaihtaa valikosta, jossa valmiina kaikki laatikot. Laatikko- ja kappaletiedon jälkeen ohjelma päivitti netto- ja bruttopainot sekä laatikon mitat. Hyväksyttäessä laatikko valmiiksi ohjelma tulosti laatikkoon kiinnitettävän osoitelapun, jossa olivat kaikki asiakkaan tarvitsemat

tilaukseen liittyvät tiedot. Järjestelmän pakkaustauluihin tallentuivat laatikon pakkaamisesta syntyneet tiedot. Mahdollisia epäselvyyksien varalta myös pakkausaikatiedot tallentuivat.

TigrAPS-ohjelmistoon tehtiin uusi ajastettu toiminto, joka keräsi säännöllisin aikavälein kaikkien uusien laatikoiden tiedot ja muodosti niistä kaksi liittymätiedostoa, joiden avulla tiedot siirrettiin BPCS:iin. Ensimmäisen tiedoston avulla luotiin BPCS:iin laatikot ja toisella suoritettiin laatikoiden allokointi tilauksille. Tämän vähensi merkittävästi vientimyyjien työtä.

#### **4.4.5 Johtaminen**

Tuotannon tietojen saaminen reaaliaikaiseksi mahdollisti myös johtamisen kehittämisen. Aluevastaavalle, tuotantopäällikölle sekä talousosastolle räätälöitiin heille sopivia raportteja. Napin painalluksella saattoi saada selville esimerkiksi KPI-mittareiden tilanteen.

Keskeiselle paikalle tuotantohallissa lisättiin taulu, jossa on merkattu paikka jokaiselle mittarille. Aluevastaava päivittää taululla olevat visuaaliset käyrästöt vähintään kerran viikossa. Näin kulloinenkin tilanne on kaikkien helposti todettavissa.

Järjestelmien reaaliaikaisuuden ansiosta muutoksiin saattoi reagoida hyvin nopeasti. Tätä tukemaan kohdealueella aloitettiin uudet palaverikäytännöt. Koko osasto kokountuu kerran viikossa noin viidentoista minuutin tilaisuuteen, jossa tuotantopäällikkö käy läpi kaikkien KPI-mittareiden tilanteet ja mahdolliset poikkeamat syineen. Samassa tilaisuudessa on mahdollista kertoa myös muita ajankohtaisia asioita.

Merkittävä muutos oli myös viikoittainen palaveri tuotantopäällikön ja aluevastaavan välillä. Palaverin tärkein tehtävä oli keskittyä KPI-mittareihin. Palaverin tueksi kehitettiin kaavake, jossa oli esitelty kaikki mittarit ja niiden viimeaikainen kehitys ja tavoite-  
tasot. Kaikki palaverissa sovitut asiat kirjataan kaavakkeeseen ja niille määritellään vastuuhenkilö ja aikataulu. Tehtävät pysyvät listalla kunnes ne saadaan tehdyksi. Tehtävät, joihin aluevastaavan resurssit tai oikeudet eivät riitä, voidaan kirjata tuotantopäällikölle tehtäväksi. Myöhemmin on tarkoitus laajentaa tätä käytäntöä seuraavalle tasolle, eli tuotantopäällikön ja tuotantojohtajan on tarkoitus aloittaa kuukausittaiset mittareihin keskittyvät palaverinsa.

#### **4.5 Viimeistelyvaihe**

Projektin viimeisen viikon aikana tehtiin yhteenvetoa projektista sekä suunniteltiin jatkotoimet. KPI-mittareista (taulukko 4.4) havaittiin, että alussa määritellyt tavoitteet olivat olleet vaativammat, kuin projektin tulos oli. Kaikki mittarit korjaantuivat kuitenkin oikeaan suuntaan. Selkeimmät parannukset tulivat läpimenoajassa sekä varastojen mää-

rissä. Läpimenoaika oli jopa parempi kuin tavoite. Materiaalin vähenemisen pystyy havaitsemaan myös visuaalisesti. Lattialla oli selkeästi vähemmän keskeneräisiä töitä. Ja nekin olivat nyt niille varatuissa paikoissa. Myös ylitöistä ja komponenttien lennättämisestä oli voitu luopua. Uusi järjestelmä mahdollisti operaattoreita valitsemaan aina sen työn, jonka tuotannosuunnittelu oli halunnutkin. Tuotanto olisi siis ennustettavissa.

**Taulukko 4.4** Projektin KPI-arvot projektin lopussa

Mittari	Lähtötaso	Tavoite projektin lopussa	Toteutuma projektin lopussa
OTIF-toimitusvarmuus	50 %	85 %	63 %
Varasto (t)	236 t	165 t	174 t
Varaston riitto (pv)	81 pv	57 pv	72 pv
Tuotannon läpimenoaika (pv)	16 pv	7 pv	6 pv
OEE Puma 700	79 %	90%	82 %
OEE Puma 350	62 %	70%	64 %

Mitattavista kohteista eniten parannettavaa jäi KPI-mittareiden perusteella konetehokkuuteen. Siinä jo muutaman prosenttiyksikön parannus vaikuttaisi positiivisesti kaikkiin muihin mittareihin. Loppuasiakkaan kannalta on erittäin tärkeää, että toimitusvarmuus saataisiin nousemaan vielä merkittävästi. Projektissa saavutettu 63 % ei vielä ole kelvollinen. Vaikka KPI-mittareissa ei saavutettu tavoitteita, talouden luvut paranivat melkoisesti (taulukko 4.5).

**Taulukko 4.5** Projektin vaikutus talouden lukuihin

Talouden osio	Vaikutus (k€)
Tuloslaskelma	305 k€
Tase	390 k€
Kassavirta	695 k€

Luvatalla on hyviä kokemuksia LPS-projektien tehokkuudesta tehtaillaan ympäri maailmaa. Konepajankin tapauksessa saavutettiin merkittävää taloudellista parannusta tekemällä hallittuja muutoksia standardoiduilla työkaluilla. Kenenkään työ ei muuttunut raskaammaksi. Työt vain tehdään järkevämmin. Projektien ensimmäisillä kierroksilla pystytään tekemään merkittäviä parannuksia melko pienin ponnistuksin. Seuraavissa iteroinneissa tehtävä vaikeutuu.

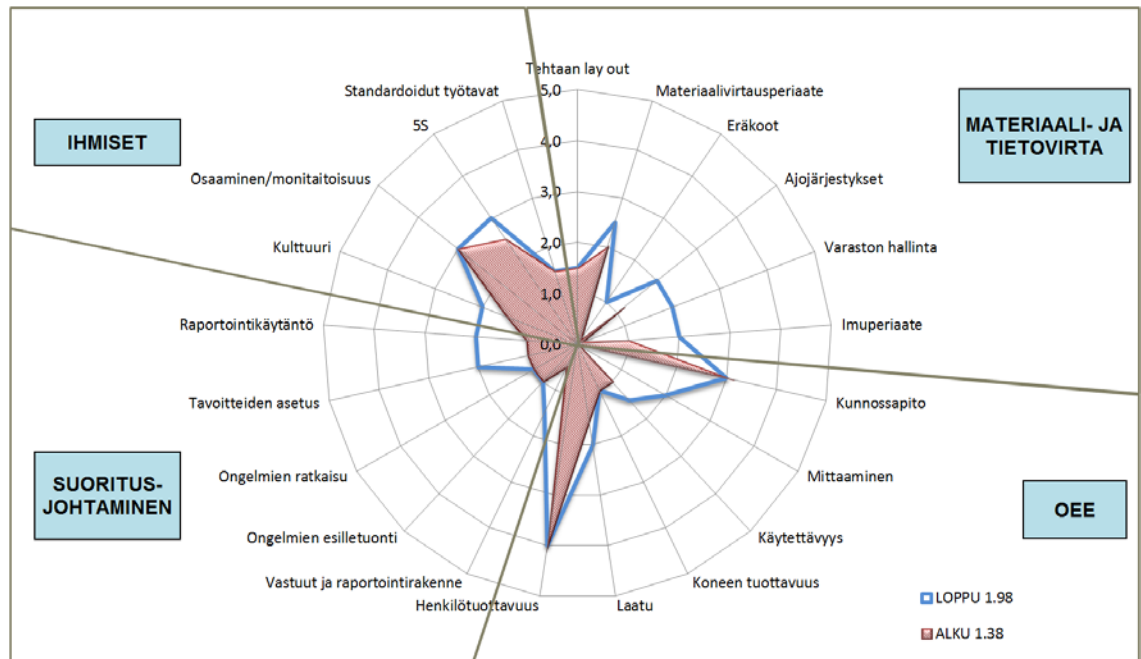
Projektin kustannusten ollessa noin 100 tuhatta euroa, välitön tulosvaikutus oli jo moninkertainen. Taulukossa 4.6 on listattu merkittävimmät säästöt. Johdon asettamat alkutavoitteet saavutettiin lähes täysin.

**Taulukko 4.6** Taloudelliset mittarit projektin lopussa

Osa-alue	Lähtötilanne	Tavoite	Toteutuma
Isojen putkien alihankintakoneistukset	1700 kpl/vuosi = 76,5 k€/vuosi	0 € = -76,5 k€	-76,5 k€
Ylityöt Puma 700	600 h/vuosi = 31,5 k€/vuosi	-80 % = -25 k€	-25 k€
Kuparien lento- rahat → USA	120 k€/vuosi	0 = -120 k€	-120 k€
Varastoinnin kustannus (22 %)	1510 k€ * 0,22 = 330 k€	-30 % = -100 k€	-26 % = -85 k€
Varaston arvo (6400€/tonni)	236 tonnia = 1510 k€	-30 % = -450 k€	-26 % = -390 k€

Jotta kehitystä voitaisiin jatkaa, laadittiin suunnitelma seuraavista kehitystoimista. Niille määriteltiin vastuuhenkilöt ja aikataulut. Järjestelmäpuolella kehitystä tullaan jatkamaan lisäämällä pakkauslaatikoiden sekä puolivalmisteiden varastoylläpidot TigrAPS:iin. Ne on nyt mahdollista linkittää todelliseen kulutukseen. Aikaisemmin tilaukset on hoidettu Excel-taulukoilla määrien perusteella arvioihin. Tällä muutoksella voidaan paremmin varmistaa, että kaikkia tarvittavia tuotteita on aina käytettävissä ja samanaikaisesti määrät ovat kuitenkin halutuissa rajoissa. Järjestelmäkehitystä tullaan tarvitsemaan myös tukemaan useaa muuta kehitystehtävää.

LPS tehdasarviointi uusittiin aivan projektin lopussa. Muutos oli selkeä (kuva 4.13). Lähtötilanteessa (vaaleanpunainen pinta) keskiarvo oli 1.38 ja projektin lopussa (sininen viiva) 1.98. Se tarkoittaa 43 % parannusta. Selkein positiivinen muutos oli odotetusti materiaali- ja tietovirroissa eli peräti 93 %. Eniten kehitettävää tuleviin projekteihin jää konetehokkuuteen ja suoritusjohtamiseen.



**Kuva 4.13** LPS tehdasarviointi

Osaston johdolle jää vastuu huolehtia, että kehitys jatkuu. Sitä auttaa kehitetty palaverikäytäntö sekä raportointi. Esimerkiksi tulevat toimenpiteet opastaa organisaatiota ongelmien esiintuonnissa sekä niiden ratkaisemisessa on jo aikataulutettu. Molempiin niihin on olemassa hyvät käytännön työkalut Luvatan LPS–työkaluissa.

## 5. YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli kehittää tietojärjestelmiä tukemaan Luvatan konepajan kupari-komponenttilinjan toimintoja. Työ tehtiin osana koko linjaa käsittävää lean-ajatteluun pohjautuvaa kehitysprojektia. Projektin tavoitteena oli parantaa linjan toimitusvarmuutta, lyhentää läpimenoaikaa sekä pienentää varastoja. Projekti pohjautui Luvatan kehittämään LPS-malliin (Luvata Production System). Siinä kuudentoista viikon aikana toteutettiin suunnitelmallisesti projekti, joka jakautui ajallisesti diagnosointiin, suunnitteluun, toteutukseen sekä viimeistelyjaksoon.

Projektiin kiinnitettiin kolme täysipäiväistä sekä kolme osa-aikaista työntekijää. Merkittävänä tekijänä henkilöiden valinnoissa oli tietotekniikkaosaaminen, sillä johdon esikartoituksessa oli havaittu, että varsinkin tietojärjestelmissä olisi paljon kehitettävää. Lisäksi johto päätti teettää tämän diplomityön tukemaan projektia.

LPS-projekti jaettiin neljään osa-alueeseen, eli materiaali- ja tietovirrat, konetehokkuus, suoritusjohtaminen sekä ihmiset. Järjestelmäkehityksellä voitiin edistää kaikkia kyseisiä alueita. Merkittävimmät parannukset saatiin aikaiseksi materiaali- ja tietovirtojen hallinnassa. Monia aikaisemmin manuaalisesti tehtyjä töitä saatiin automatisoitua. Mahdollisten virheiden määrää pystyttiin pienentämällä hyödyntämällä toisia tietojärjestelmiä. Aiemmin oli pitänyt käyttää useita erillisiä tietokantoja ja ohjelmia.

Uudet ominaisuudet mahdollistavat tuotantotyöntekijöille valita päätteeltä oikeat tuotteet ja määrät. Samalla kirjaamalla järjestelmään aloitukset, lopetukset sekä määrätiedot, tuotannonsuunnittelijalla on aina reaaliaikainen tieto tuotannon tilanteesta. Tietoa voidaan myös hyödyntää konetehokkuus- ja muissa laskelmissa. Suoritusjohtamista sekä talousosastoa varten kehitettiin omat raportit ja tietokannat.

Projektin johdolta saatuja alkuperäisiä KPI-tavoitteita ei aivan saavutettu, mutta kehitys kaikilla osa-alueilla oli merkittävä. Esimerkiksi tuotteiden läpimenoaika laski alkuperäisestä kuudestatoista päivästä kuuteen päivään. Myös lentorahdeista voitiin luopua ja siirtyä käyttämään merikontteja. Aikaisemmin lennätykset aiheuttivat noin 120 tuhanen euron vuosittaiset kustannukset. Saavutettujen säästöjen ansiosta projektin kustannukset saatiin takaisin jo projektin aikana. Tehdasarvioinnissa keskimääräinen toimintojen parannus oli 43 % ja materiaali- ja tietovirroissa peräti 93 %.

Projektin lopussa tehtiin jatkosuunnitelmat, joita noudattamalla on mahdollista saavuttaa alkuperäiset tavoitteet. Tässä työssä esitellyt järjestelmämuutokset ja –parannukset mahdollistavat nuo jatkotoimenpiteet. Pääpaino kehitystyössä tulee olemaan suoritus-

johtamisessa sekä konetehokkuudessa. Järjestelmäkehitykseenkin jäi muutama kirjattu parannusidea.

Tehty työ oli osa LPS-projektia, eli sillä oli määritelty aloitus- ja lopetushetki sekä tavoitteet. Toiminnot pitäisi seuraavaksi saada muuttumaan LPS-prosessiksi, joka olisi jatkuvaa kehitystä arviointien ja jatkuvan parantamisen kautta. Niihin Luvatalla on olemassa standardoidut menetelmät.



## LÄHTEET

Connolly T., Begg C., 2005, Database systems, Addison-Wesley, 1380s.

Drew, J., McCallum, B., Roggenhofer, S., 2004, Journey to Lean: Making Operational Changes Stick, Palgrave MacMillan, 206s.

Elmasri R., Navathe S., 2011, Database Systems, 6. painos, Pearson, 1158s.

Elomaa S., 2015, Welcome to Luvata, Luvatan esitysmateriaali, 39s.

George M., Rowlands D., Pride M., Maxey J., 2005, The lean six sigma pocket tool-book, McGraw-Hill, 284s.

Hernandez M., 2000, Tietokannat – Suunnittelu ja toteutus, Oy Edita Ab, 450s.

Holm M., 2014, Luvata Pori Superconductors, julkaisematon esitys, 34s.

Hovi A., Huotari J., Lahdenmäki T., 2005, Tietokantojen suunnittelu ja indeksointi, Docendo Finland Oy, 364s.

Juhela L., 2011, Luvata Production system, julkaisematon esitys, 11s.

Kembhavi D., 1998, TirgAPS File Server User Guide, Tigrsoft Inc., 619s.

Modig N., Åhlström P., 2013, Tätä on lean, Rheologica publishing, 170s.

Moisio J., 2011, Lean – työkaluja prosessin jatkuvassa kehittämisessä, Qualitas Fennica Oy, 213s.

Liker.K., 2004, Toyotan tapaan 3. painos, Readme.fi, 326s.

Sheppard A. 2006, LPS-tehdasarviointi, Luvatan sisäinen koulutusmateriaali, 5s.

Stephens R., Plew R., Morgan B., Perkins J., 1999, SQL-tietokantaohjelmointi, IT Press, 568s.

Womack J., Jones D., Roos D., 1990, The machine that changed the world: the story of lean production. 1. painos, Rawson Associates. 323s.