

Kaisa Holmi

# Kunnossapito- ja tuotannonseurannan yhtenäistäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

06.03.2014

Tekijä Otsikko	Kaisa Holmi Kunnossapito- ja tuotannonseurannan yhtenäistäminen
Sivumäärä Aika	33 sivua 06.03.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Tutkintovastaava Timo Junell Tuotantopäällikkö Mikael Kärkkäinen
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli selvittää kehitysmahdollisuudet toimeksiantajan tuotantolaitoksen kunnossapidon sekä tuotannonsuunnittelun ja -seurannan yhtenäistämiseksi sekä toteuttaa toimintamalli tai -järjestelmä, joka edesauttaa kunnossapitotoimenpiteiden sijoittamista tuotantoaikatauluun.</p> <p>Työssä selvitettiin haastatteluin eri osapuolten näkemyksiä ongelmia aiheuttavista tekijöistä ja mahdollisia kehityskohteita. Häiriötekijäksi osoittautui yrityksessä käytettävistä erillisistä järjestelmistä saatavan tiedon yhteensaataminen, joka toteutetaan Excel-tiedostoissa. Tämä on käsin tehtynä osoittautunut aikaa vieväksi ja virhealttiiksi. Lisäksi kunnossapidon ennakkohuoltojen toteutuksissa on ollut tuotannon kuormituksesta sekä kriittisistä tilauksista johtuvia viivästyksiä.</p> <p>Saatujen tietojen perusteella kehitettiin Excel-funktioihin perustuva tietojensyöttöjärjestelmä, jonka avulla syötetystä raakadatasta haetaan automaattisesti kullekin linjalle ja ajankohdalle yksilöidyt tiedot matriisifunktioita hyödyntämällä. Lisäksi kehitettiin viikkosuunnitelmataulukkoa lisäämällä siihen ennakkohuoltosuunnitelmapohja ja siihen liitetyt hakufunktiot, jolloin viikkosuunnitelma hakee automaattisesti tiedon suunnitelluista ja vahvistetuista huolloista linja- ja viikkokohtaisesti.</p> <p>Tuloksena saatiin päivitetty taulukkokokonaisuus, johon voidaan syöttää tiedot eri järjestelmistä aikaisempaa suoraviivaisemmin ja automatisoidummin. Lisäksi viikkosuunnitelmasta kehitettiin helpommin käytettävä kokonaisuus vähentämällä manuaalisen työn määrää ja parantamalla kunnossapidon havainnollistamista tuotannon aikataulutuksessa.</p>	
Avainsanat	kunnossapito, tuotannonsuunnittelu, tuotannon aikataulutus, tuotannon seuranta

Author Title	Kaisa Holmi Integration of Maintenance and Production Follow-Up Process
Number of Pages Date	33 pages 06 March 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructors	Timo Junell, Lecturer Mikael Kärkkäinen, Production Manager
<p>The objective of this Bachelor's Thesis was to research development possibilities for integrating the maintenance and production follow-up systems of the issuing company's production plant and to execute an operation model or system, which would facilitate the implementation of maintenance procedures in the production schedule.</p> <p>Different views on the problems' main causes and possible development areas were surveyed by interviewing different parties. The prominent distraction established was the company's separate information systems and the task of bringing information together, which is done manually in an Excel file. This has proved to be time consuming and prone to error. Additional causes for the problems were delays in the preliminary maintenance schedule caused by heavy loads in the production schedule and critical manufacturing orders.</p> <p>A data input system utilizing Excel functions was generated based on the collected information. The system automatically searches from the source data all individual information for each production line and the time period using array formulas. A preliminary maintenance schedule and associated search functions were also added to the weekly plan chart enabling an automatic indication of the planned and confirmed maintenance procedures per production line and week.</p> <p>As a result, an updated set of tables was created, in which information from separate systems can be inserted in a simpler and more automated fashion. The weekly plan was modified into a more accessible tool by reducing the need for manual work and improving the visualization of maintenance tasks in production scheduling.</p>	
Keywords	Maintenance, production planning, production scheduling, production follow-up

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Tavoitteet	1
1.3	Metodologia	2
2	Tuotannonohjaus	3
2.1	Tuotannonohjauksen aikatasot	3
2.2	Tuotannonsuunnittelu	4
2.3	Valmistuksen ohjaus	6
2.4	Kysynnän ennustaminen ja vaihtelu	10
3	Kunnossapito	13
3.1	Kunnossapidon merkitys	13
3.2	Kunnossapitolajit	14
3.3	Kunnossapidon suunnittelu	16
4	Crown Pakkaus Oy	18
5	Lähtökohdat kunnossapito- ja tuotannonseurannan yhtenäistämiseen	19
5.1	Valmistusprosessi	19
5.2	Tuotannonsuunnittelu	19
5.3	Tuotannon, myynnin ja varaston seuranta	20
5.4	Kunnossapitojärjestelmä	22
6	Kunnossapito- ja tuotannonseurannan yhtenäistämisen toteutus	24
6.1	Aloituskeskustelut ja orientaatio	24
6.2	PSI-taulukko	25
6.3	Viikkosuunnitelma ja vuosihuoltosuunnitelma	30
7	Päätelmät	32
	Lähteet	33

## Lyhenteet

APS	Advanced Planning and Scheduling
JDE	J. D. Edwards -tuotannonsuunnitteluohjelma
JIT	Just In Time
JOT	Juuri Oikeaan Tarpeeseen
MRP	Material Requirements Planning
MRP II	Manufacturing Resources Planning
PSI	Production Sales Inventory
RFC	Rolling Forecast

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Työn tarkoituksena on selvittää, mitkä seikat aiheuttavat eniten ongelmia Crown Pakkaus Oy:n tuotannonohjauksen ja kunnossapidon toteutuksen yhteensovittamisessa sekä kartoittaa kehittymismahdollisuudet tehokkaammalle toimintamallille ja -järjestelmälle niin taloudellisesta näkökulmasta kuin toiminnallisestikin. Crown Pakkaus Oy:ssä otetaan käyttöön uusi kunnossapitojärjestelmä lähitulevaisuudessa, ja työn olennainen tarkoitus onkin tutkia mahdollisuuksia ylläpitää toimintojen sujuvuutta ennen uuteen järjestelmään siirtymistä.

Päällimmäinen ongelma Crown Pakkaus Oy:llä oli sekä tuotannon aikataulutusergelmat ruuhkatilanteissa että tehtaan kunnossapidon ajoitettujen vuosihuoltojen siirtymien kiireellisten asiakastilausten vuoksi. Pakkausvalmistajana yrityksen tulee mukautua asiakkaidensa tuotannonvaihteluihin. Osalla asiakkaista on käytössä varmuusvarasto, jolloin tuotetta on aina valmiina tietty määrä asiakkaan tarpeiden äkkinäisten muutoksien kattamiseksi. Muutoin tilaukset valmistetaan yleensä vain tarpeeseen. Tämän vuoksi lisätilaukset ja muutokset lyhyellä varoitusaajalla saattavat aiheuttaa viivästyksiä etukäteen aikataulutetuissa huoltotoiminnoissa tehtaan pyrkiessä vastaamaan joustavasti asiakkaan tarpeisiin.

Opinnäytetyön toteutuksen kannalta keskeisimpiä tarkastelukohteita ovat tuotannonvaihtelujen aiheuttamat viivästyksöt suunniteltujen vuosihuoltojen aikataulussa ja yleisesti vakiinnuttamattoman tiedonkulun aiheuttama tuotannon tehokkuuden menetys.

## 1.2 Tavoitteet

Olennaisin tavoite työssä on parantaa kokonaisvaltaista kommunikaatiota tuotannonohjauksen ja tuotannon välillä kehittämällä ratkaisu tuotannonsuunnittelun ja kunnossapidon sujuvammalle yhteissuunnittelulle, jotta aikataulutetut vuosihuollot voidaan toteuttaa ajallaan asiakastoimituksien kärsimättä. Työssä keskitytään olemassa olevan taulukkomateriaalin ja menetelmien arviointiin sekä niiden työstämiseen yhteisempään muotoon. Lisäksi tutkitaan ja esitellään aihealueeseen liittyvää teoriaa.

Uuden kunnossapitojärjestelmän odotusajalle tarvitaan myös työkalu, joka hyödyntää olemassa olevia järjestelmiä ja jolla yhdistetään sekä tuotannonsuunnittelun että kunnossapito-osaston osuus kunnossapitoaikataulun suunnittelussa ja havainnollistamisessa. Koska ongelmat tuotannon ja vuosihuoltojen sujuvuudessa aiheutuvat useiden pienempien seikkojen summana, nähdään hyödyllisimmäksi keskittyä tiedon keräämisen ja ulosannin mutkattomuuteen sekä yhtenäistämiseen. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että jokaisella tuotantoon liittyvällä taholla on pääsy ajantasaiseen tietoon tehtaan toiminnoista tietyllä ajankohdalla.

Lisäksi tutkitaan myös mahdollisuutta yhdistää miehitystarpeen suunnittelu, henkilöstön osaamismatriisi ja vuosilomataulukko tuotannonsuunnittelun aikatauluun, jotta voidaan nähdä viitteellisesti tehtaalla käytössä olevat henkilöstöresurssit jo tuotantoa suunnitella.

### 1.3 Metodologia

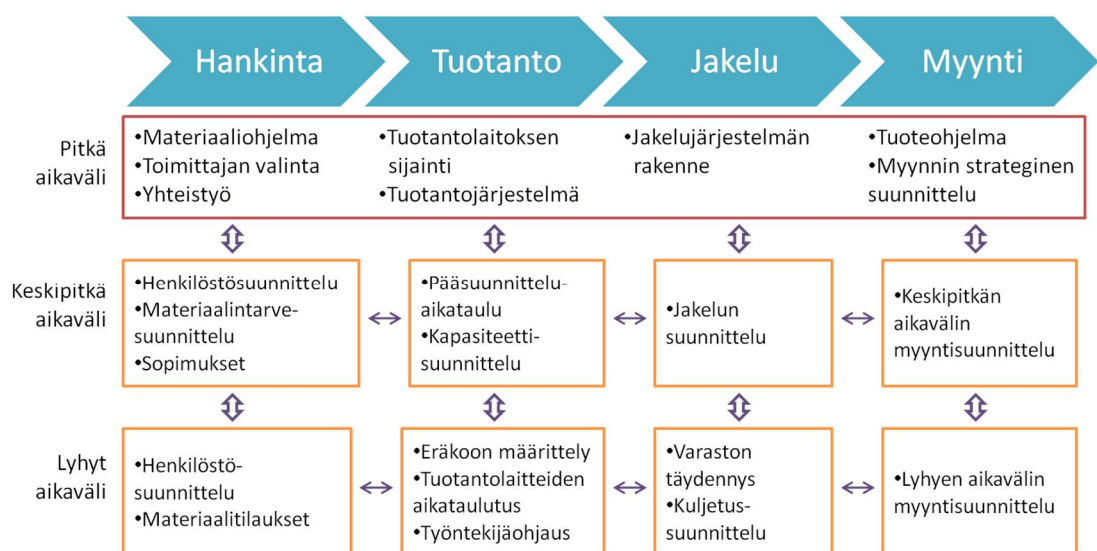
Insinööriyön toteutus aloitettiin tutustumalla tehtaan päivittäiseen toimintaan ja tavaran kiertoon sekä sitä hallinnoiviin järjestelmiin. Lisäksi haastattelemalla selvitettiin eri osastojen päälliköiltä heidän kokemansa merkittävimmät ongelmat ja se, kuinka heidän mielestään toimintaa voitaisiin kehittää. Näiden haastattelujen perusteella etsittiin mahdollisia kehityskohteita ja keinoja käytännön toteutukseen, joiden pohjalta pyrittiin kehittämään toimiva toimintamalli tai -järjestelmä. Olennaista tässä kehitystyössä oli hyödyntää jo olemassa olevia järjestelmiä ulkoisia investointeja tekemättä.

## 2 Tuotannonohjaus

Tuotannonohjaus käsittää tuotannon toiminnan ohjauksen ottaen huomioon käytännön tuotannonsuunnittelun lisäksi myös taloudellisen näkökulman sekä logistiikan (1, s. 56). Päivittäisestä tuotannonsuunnittelusta poiketen tuotannonohjauksessa tarkastellaan toimintoja myös pidemmällä aikavälillä keräämällä tietoa menneestä ja nykyhetkestä sekä pyrkimällä ennustamaan tulevaa. Näiden tietojen avulla pyritään kokonaisvaltaisesti kehittämään tuotantoa ja liiketoiminnan muita osa-alueita, jotta kyetään esimerkiksi varautumaan tuleviin kysynnänvaihteluihin tai hankintoihin.

### 2.1 Tuotannonohjauksen aikatasot

Yrityksen toiminnasta kerättyä tietoa voidaan hyödyntää tuotannonohjauksessa kolmella eri aikatasolla: pitkän aikavälin suunnittelussa, jossa ohjataan yrityksen toimintaa ja investointeja sekä kehitetään strategioita useamman vuoden päähän; keskipitkän aikavälin suunnittelussa, jossa keskitytään lähitulevaisuuden kysynnän ennustamiseen ja varaudutaan tuotannon vaihteluihin noin 6 - 24 kk:n tähtäimellä; sekä lyhytaikaisessa toiminnanohjauksessa, joka käsittää mm. päivittäistoimintaan liittyvän hienokuormituksen, aikataulutuksen sekä materiaalitilaukset. Kuvassa 1 on havainnollistettuna *Advanced Planning and Scheduling* - eli APS-järjestelmän mukaisesti eri toimitusketjun osa-alueiden tehtävät jaoteltuina lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin suunnittelutasoihin. (2, s. 331 - 332; 3, s. 82.)



Kuva 1. APS-järjestelmän mukaiset toimitusketjun osa-alueet (3, s. 87)



Pääsääntöisesti pitkän aikavälin suunnittelussa hallitaan koko toimitusketjua ja luodaan yhteinen suunnitelma sen toiminnalle linkittämällä strategisesti ja loogisesti eri toiminnot keskenään sekä pyritään ennakoimaan tulevaa varautumalla investointeihin joko tuotannonvaihteluiden tai yritysstrategian perusteella. Tiedonkulku on suotava kuvan 1 mukaisesti sekä pysty- että vaakasuunnassa. Tiedon siirtyessä myös alemmilla tasoilla ylemmille sitä voidaan hyödyntää myös esimerkiksi investointeja tai tuotantojärjestelmää suunniteltaessa. Lisäksi pitkän aikavälin suunnitteluun kuuluvat mm. tavarantoimittajien valinnat, valmistuksenohjausmenetelmän valinta sekä tuotantojärjestelmän kehitys. (3, s. 87 - 88.)

Keskipitkän aikavälin suunnittelu liittyy päivittäistoimintaan huomattavasti läheisemmin ja sen pääsääntöisiä tehtäviä onkin määritellä karkeasti valmistusmäärät, ja sen perusteella luoda tuotannon pääsuunnitelma. Tämän lisäksi tehtäviin kuuluu muun muassa lähitulevaisuuden kausittaisen kysynnänvaihtelun ennustaminen, johon tulee huomioida myös yrityksen oman markkinointistrategian vaikutus. (3, s. 89 - 90.)

Lyhytaikaiseen tähtäimeen lukeutuu päivittäissuunnittelu sekä lyhyen aikavälin suunnittelu muutaman kuukauden päähän. Siirryttäessä lyhyemmän tähtäimen suunnitteluun tulee ennusteiden ja suunnitelmien olla yhä tarkempia ja yksityiskohtaisempia niiden ollessa tässä vaiheessa jo esivalmistelu- ja toteutusvaiheessa. Päivittäinen tuotannon suunnittelu koostuu esimerkiksi tilausten ajoittamisesta, materiaalilauksista, tarvittavan henkilöstön määrittämisestä sekä tuotantolaitteiden kapasiteetin käytön optimoinnista. (3, s. 91 - 92.)

## 2.2 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelu on tuotannonohjauksen osa-alue, joka keskittyy erityisesti valmistuksen ajoitukseen ja suunnitteluun. Yleensä tuotannonsuunnittelu toteutetaan eri tasoissa siten, että tuotannon kapasiteetille luodaan raamit, joiden sisällä päivittäinen ajoitus voidaan toteuttaa. Tämä karkeasuunnitelma tehdään esimerkiksi yhden tai kahden vuoden aikavälille, ja se lukeutuu yleensä keskipitkän aikavälin tuotannonohjaukseen. Päivittäissuunnittelussa keskitytään taas tilausten ajoitukseen ja hienokuormitukseen. (2, s. 269 - 271; 335 - 336.)

### Karkeasuunnittelu

Yleisesti karkeasuunnittelun avulla määritetään kuinka nykyisellä, käytännössä kiinteäksi oletetulla tuotantokapasiteetilla voidaan vastata lähitulevaisuuden kysyntään. Myynnillä on tärkeä merkitys ennusteita toimitettaessa. Karkeasuunnittelun avulla myös arvioidaan nykyistä kapasiteettia niin henkilöstön kuin tuotantolaitteiden suhteen ja sitä, kuinka näitä muuttamalla voidaan parhaiten vastata kysyntään. Karkeasuunnittelun tulos on olennainen työkalu myös myynnille, sillä sitä voidaan käyttää apuna arvioidesa, kuinka paljon tilauksia voidaan vahvistaa. On kuitenkin olennaista päivittää ja hienosäätää suunnitelmaa säännöllisesti aikavälin sisällä, jolloin se voidaan parhaiten sopeuttaa lyhytaikaisiin kapasiteetin ja kysynnän vaihteluihin. (2, s. 278 - 279.)

### Tuotannon ajoitus

Päivittäisen tuotannonsuunnittelun konkreettisempia tehtäviä on tuotannon ajoitus ja hienokuormitus sekä tarvittavan henkilöstömäärän ja materiaalitarpeen määrittely. Tärkein tavoite on ajoittaa tilaukset siten, että tuotantokapasiteetti on optimaalisesti käytössä ja kaikki tilaukset valmistuvat ajoissa. Riippuen tuotannon laadusta ajoitus tehdään muutamia päiviä tai viikkoja eteenpäin. Toteutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa tuotantoketjun monimutkaisuus, valmistusvaiheiden määrä, läpimenoajat, tilausten priorisointi sekä tuotteiden räätälöinti. (3, s. 199.)

Hienokuormituksen avulla sijoitetaan tilaukset laitetason tuotantoaikatauluihin. Tilaukset pyritään sijoittamaan siten, että laitteiston käyttöaste on korkea ja vaihdot tapahtuvat sujuvasti. Usein tuotannonsuunnitteluohjelmissa käytetään graafista työkalua hienokuormitukseen, jolloin tilausten sijoittelu on havainnollisempaa ja laitekohtainen käytettävyyttä saadaan paremmin hyödynnettyä. (4, s. 725.)

Hyvin kuormitetussa tuotannossa tilausten valmistuksen järjestystä voidaan ohjata käyttämällä priorisointisääntöjä. Tällainen ominaisuus voi olla sisäänrakennettuna tuotannonsuunnittelujärjestelmässä tai ohjaus voi myös tapahtua manuaalisesti suunnittelijan toimesta. Esimerkkejä tilausten valmistusjärjestyksen määrittelyyn käytettävistä priorisointisäännöistä ovat tilauksen saapumisjärjestys, asiakassuhteen tärkeys, lyhyin prosessointiaika, aikaisin määräpäivä sekä kriittiset kiiretilaukset, jotka usein ohjataan muiden tilausten ohi suoraan tuotantoon. Lisäksi valmistusjärjestykseen voivat vaikuttaa myös tuotantolaitteiston asetukset ja erä koko, sillä yleisesti ottaen tuotanto on te-

hokkaampaa suurissa valmistuserissä. Käytännöllisintä on ketjuttaa laitteelle tilaukset, joiden valmistuksessa käytetään samoja asetuksia ja mittoja, jolloin minimoidaan esim. työkaluvaihtoihin kuluva tuottamaton aika.(2, s. 337; 4, s. 732.)

Tuotannon ajoituksen lopputuloksena syntyy aikataulu henkilöstön ja tuotantolaitteiden kuormitukseen. Yleensä käsiteltävän yksikön valmistus käynnistetään työmääräimen avulla, joka on konkreettinen signaali suunnittelusta tuotantoon. Työmääräimestä ilmevät yleisesti kaikki ne tiedot, joita tarvitaan tuotannon aloittamiseksi, ja näitä ovat esim. käytettävät osat ja materiaalit, valmistusmäärä, tilauksen yksilöivät tiedot sekä valmistuksen ajankohta.

Suurimpia haasteita tuotannonsuunnittelun aikataulutuksessa on varmistaa, että asiakkaan tilaama tuote on oikeaan aikaan saatavilla kasvattamatta varastoja liian suuriksi. Jatkuvassa sarjatuotannossa ongelma korostuu varsinkin toimialoilla, joilla tuotetta valmistetaan ennusteiden perusteella varastoon ennen tilauksien saapumista. Tällainen tilanne on usein silloin, kun lyhyen toimitusajan ja hyvän saatavuuden avulla pyritään parantamaan asiakastyytyväisyyttä ja kilpailukykyä. Jos ennustettua kysyntää ei synnykään, nousee varaston arvo tarpeettoman suureksi. Tällöin varastojen arvon laskemiseksi tulee tuotanto sopeuttaa tilanteeseen, mutta tuotannon pienentämisessä tulee taasen ottaa huomioon henkilöstön työaikasopimukset. Jotta yrityksen tuotanto olisi tehokasta ja kilpailukykyistä, tulee kaikki vaikuttavat tekijät arvioida etukäteen valmistuksen ohjaussuunnittelussa. Sallitut varastoarvot ja kysynnänvaihtelua tasapainottavat keinot tulisi määritellä toiminnanohjaustasolla, jolloin ne voidaan riittävästi huomioida yrityksen liiketoiminnassa.

### 2.3 Valmistuksen ohjaus

Valmistuksen ohjaukseen on olemassa kaksi pääsääntöistä ohjaustapaa, jotka toimivat käytännössä vastakkaissuuntaisesti. Työntöohjauksessa valmistus käynnistyy tuotanto-ohjelman perusteella ja valmistettavan tuotteen tai osakokoonpanon valmistuttua se "työnnetään" seuraavaan työvaiheeseen, jolloin valmistussignaali kulkee edeltävältä työvaiheelta seuraavalle. Imuohjauksessa suunta on päinvastainen, toisin sanoen seuraava työvaihe lähettää signaalin edelliselle työvaiheelle tarvitsemastaan kokoonpanosta, ja valmistus alkaa tämän perusteella. Lisäksi on olemassa erilaisia asiakasoh-

jautuvia ohjausmenetelmiä, joissa tuote on usein yksilöllisesti räätälöitävä ja asiakkaan tarpeisiin vastaaminen saattaa olla tuotantotehokkuutta tähdellisempää. (1, s. 47 - 49.)

## MRP

Työntöohjausperiaatteella toimiva *Material Requirements Planning* eli MRP on materiaalitarvepohjainen tuotannonohjausjärjestelmä, ja Suomessa se tunnetaan myös nimityksellä materiaalitarvesuunnittelu. MRP:n toiminta perustuu tuotannon pääsuunnitelmaan ja valmistus alkaa esimerkiksi ennusteen tai ajoitetun tilauksen perusteella, tai ennalta määritellyn varastosaldorajan alittuessa. Valmistussignaalin syntyessä järjestelmä laskee materiaalitarpeen tuotekokoonpanon osaluettelon perusteella, ja vertaamalla sitä olemassa olevaan varastoon määrittää osien hankintatarpeen suhteessa tilauksen vaadittuun valmistumisajankohtaan. MRP-järjestelmästä saadaan materiaalihankintaehdotusten lisäksi valmistuksen ajoitussuunnitelma, jonka se laskee tilausten määräpäivien sekä prosessien läpimenoaikojen perusteella, sekä esimerkiksi erinäisiä suunnittelua tukevia raportteja. Järjestelmästä saatavaa tietoa voidaankin hyödyntää materiaalihankinnan lisäksi mm. henkilöstö- ja kapasiteettisuunnittelussa. (2, s. 349 - 350, 357.)

MRP-järjestelmän käyttö edellyttää huolellista ja osaluettelo- ja varastohallintaa. Tämän vuoksi sen käyttöönotossa on olennaista määritellä käsiteltävien osien kysyntä riippuvaan ja riippumattomaan. Riippuva kysyntä käsittää kaikki sellaiset raaka-aineet, osat ja osakokoonpanot, joiden menekki on suoraan verrannollinen jonkin toisen kokoonpanon kysyntään. Riippumaton kysyntä merkitsee lopputuotteiden kysyntää, joka ei riipu suoranaisesti minkään muun valmistettavan kokoonpanon kysynnästä. Täten voidaan osaluettelotietoja hyödyntämällä laskea kokonaismateriaalitarve lopputuotteen kysyntäennusteen sekä tuotekokoonpanon perusteella, eikä riippuvan kysynnän materiaalin menekkiä tarvitse ennustaa erikseen. Tällöin myös voidaan varmistua materiaalin riittävydestä sekä tehostaa varastointia; riippuvan kysynnän valmistusmateriaalien varmuusvarastoinnin merkitys laskee tehokkaan materiaalitarvelaskennan ja -ennusteiden seurauksena, jolloin voidaan minimoida raaka-aine- ja väliavarastoinnista aiheutuvat kustannukset. (2, s. 349 - 350; 4, s. 635 - 636.)

MRP-järjestelmän ympärille on kehitetty laajemman kokonaisuuden kattava resurssisuunnittelujärjestelmä MRP II, eli *Manufacturing Resources Planning*, joka hyödyntää materiaalitarvesuunnittelusta saatavan tiedon lisäksi markkinointi- ja talousresurssi-

suunnittelua. MRP toimii pohjana MRP II:n kapasiteetintarvesuunnittelulle, joka käyttää muun muassa tietoja laitekohtaisista läpimenoajoista ja tuotannon kuormituksesta, ja laskee näiden avulla esimerkiksi työpistekohtaisen kuormitusraportin. Tällöin kyetään optimoimaan laitteen kuormitusaikataulu ja arvioimaan henkilöstö- ja laitteistoresurssien riittävyyttä. MRP II -järjestelmä mahdollistaa yleensä myös tuotannon simuloinnin, jonka avulla voidaan testata erilaisia tuotantoskenaarioita ennen varsinaista toteutusta. (4, s. 652 - 655.)

### JIT

Imuohjausta hyödyntää paljon käytetty tuotannonohjausfilosofia JIT (*Just In Time*), joka tunnetaan Suomessa myös nimellä JOT (*Juuri Oikeaan Tarpeeseen*). JIT on läheisesti yhteydessä Lean-toiminnanohjaus- ja johtamisfilosofiaan, joka on kehittynyt japanilaisen autonvalmistaja Toyotan 1900-luvun keskivaiheilla syntyneen *Toyota Production System* -tuotantojärjestelmän pohjalta. Leanin pääajatus on, että kaikki tuotteelle lisäarvoa tuottamattomat vaiheet tilaus-toimitusketjussa aiheuttavat hukkaa ja tehottomuutta. Hukalle on filosofiassa määritelty seitsemän pääasiallista aiheuttajaa: materiaalin siirrot, varastointi, tarpeettomat liikkeet, odottaminen, yliprosessointi, ylituotanto ja virheet. JIT-ohjausmallissa on mekanismit erityisesti materiaalinkiertoa ja -varastointiin liittyvän hukan minimoinnin käytännön toteutukseen, ja sen vuoksi sitä käytetäänkin usein synonyyminä kuvaamaan Lean-filosofiaa niiden yhtenevien tavoitteiden vuoksi. (2, s. 358 - 360; 4, s. 679 - 681.)

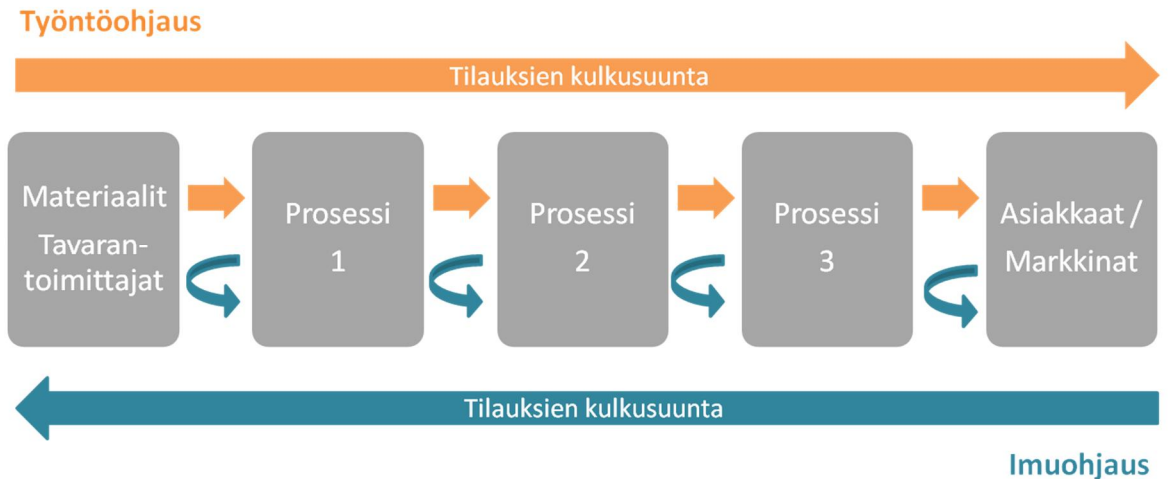
JIT-imuohjausjärjestelmän perusidea on tuotteiden valmistamisen ajoittuminen mahdollisimman lähelle niiden tarvehetkeä, ts. tuotteet valmistuvat juuri ennen asiakkaalle toimitusta. Tilauksen vastaanottamisesta lähtevän valmistuksenaloitussignaalin perusteella lasketaan tilauksen valmistuminen takaperoisesti toimituspäivästä taaksepäin ja tilaus ajoitetaan siten, että tuote on toimitusvalmis juuri oikeaan aikaan. Täten JIT ulottuu lopputuotteen valmistuksen lisäksi osakokoonpanoihin ja kuljetusjärjestelyihin, ja se onkin oikein käytöön otettuna kokonaisvaltaisesti yrityksen tilaus-toimitusketjua ohjaava järjestelmä. (2, s. 358 - 360; 4, s. 682 - 683.)

JIT-järjestelmän pääasiallisia tavoitteita on minimoida varastointikulut ja hukattu aika, materiaali sekä henkilöstöresurssit. Toimiva järjestelmä voidaan saavuttaa soveltamalla seuraavia periaatteita tuotantojärjestelmässä:

- valmistuksen aloitus vain tarpeeseen ja vasta tilauksen saavuttua; ei varmuus-varastointia
- osien ja raaka-aineiden saatavuus oikeaan aikaan; vakiintuneet materiaalitilauks- ja toimitusmenetelmät sisäänrakennettuna tuotantojärjestelmään
- valmistusmateriaalien aktiivisuus sekä tiheät asiakastoimitukset; väli- ja loppu-varastoinnin minimointi
- tasainen ja standardoitu, solupohjainen tuotantomenetelmä sekä asetusajojen minimointi
- laaduntarkkailu jokaisessa työvaiheessa
- ennakoiva kunnossapito sekä siisteyden ja järjestyksen ylläpito
- virheiden minimointi ja niiden syy-seuraussuhteen selvittäminen.

Osien ja osakokoonpanojen imuohjaus kokoonpanosolujen kesken sekä niiden ja imu-varaston välillä toteutetaan usein visuaalisen signaalin, kuten *kanban*-korttien avulla. Tällöin valmistussolu "tilaa" tarvitsemiaan osia tai osakokoonpanoja edeltävältä valmistusvaiheelta. Tilaustarpeen synnyttää osien loppuminen esim. kokoonpanosolusta, jolloin kanban-kortti toimitetaan kyseisestä osasta vastaavaan yksikköön. Kanban-kortti toimii eräänlaisena sisäisenä vakiomääräisenä tilauksena, jonka perusteella aloitetaan valmistus tai täytetään imuvarastoa. Kanban-korttien periaatetta voidaan käyttää myös laatikoiden avulla esim. kaksilaatikkojärjestelmässä, jossa toisen laatikon tyhjentyminen toimii kanban-signaalina eli tilauspisteenä. Toinen imuvarastona toimiva, täysi laatikko otetaan käyttöön, jolloin tuotanto ei keskeydy. (4, s. 695 - 696.)

JIT-järjestelmän imuohjauksen periaate suhteessa perinteiseen työntöohjattuun tuotantoon on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Työntö- ja imuohjauksen tilauksenkulku (2, s. 359, mukailtu)

Ominaislaatuisten toimintaperiaatteiden vuoksi Just In Timen soveltaminen ei onnistu kaikkiin tuotantotyyppeihin; pääsääntöisesti JIT sopii toistuvaan ja tasaiseen pienerätuotantoon, jossa ei ylläpidetä suuria varmuusvarastoja ja laitteiston asetus aika on suhteellisen pieni. Muita edellytyksiä toimivalle JIT-ohjausjärjestelmälle ovat tehokas kunnossapitojärjestelmä ja varastonhallinta, osien sekä osakokoonpanojen vakiooluonteisuus ja tasainen saatavuus sekä tuotantoaikataulun muuttumattomuus. Materiaalitarvesuunnitteluun verrattuna JIT-ohjausjärjestelmä ei kestäkään suuria ja äkkinäisiä muutoksia tuotantoaikataulussa. (2, s. 360 - 362.)

## 2.4 Kysynnän ennustaminen ja vaihtelu

Lähitulevaisuuden kysynnän ennustaminen on toiminta-alueesta riippumatta tarpeellinen työkalu tuotantokapasiteettitarpeen ennakoinniseksi. Tällöin voidaan ohjata investointeja sekä käytettävissä olevia resursseja oikein ja siten maksimoida tuotannon taloudellinen kannattavuus. Ennustaminen tarjoaa kuitenkin vain viitteellisen tiedon tulevasta kysynnästä, joten ennusteen muodostamiseen on suotavaa valita tuotteen ja sen markkinoiden kannalta oikeanlaiset menetelmät. (4, s. 68 - 69.)

Ennusteen muodostuksessa arvioitavia osa-alueita ovat muun muassa aikaväli, sallittu virhemarginaali sekä kysyntäkuvion toistuvuus. Ennusteen kattaman aikavälin tulisi olla vähintään yhtä pitkä kuin tuotannon kapasiteettimuutoksiin kuluva ajan, jotta sen antamaa tietoa ehditään hyödyntää tuotannon sopeuttamisessa ennen kysynnänmuutok-

sen tapahtumista. Kuitenkin on tärkeää huomioda, että ennusteen tarkkuus heikkenee sen myötä, mitä pidemmälle tulevaisuuteen katsotaan, sillä aikavälin kasvaessa myös ennalta arvaamattomien tilanteiden todennäköisyys kasvaa. Ennustetta tuleekin tarkistaa ja korjata säännöllisesti, ja korjaustietoja tarkastelemalla voidaan arvioida ennusteen tarkkuutta sekä suoriutumista. Tällöin kyetään myös arvioimaan ennustemenetelmien sopivuutta ja hyödyntää saatua tietoa uuden ennustemenetelmän kehittämisessä. (2, s. 275; 4, s. 68 - 70.)

Ennusteen kokoamiseen on olemassa useita keinoja, ja niitä voidaan tarkastella jaettuna kvantitatiivisiin ja kvalitatiivisiin keinoihin. Kvantitatiivisia keinoja on esimerkiksi aikasarjatietojen hyödyntäminen, ja ne voidaan muodostaa erilaisista myyntiin, kysyntään tai tuotantoon liittyvistä historiatiedoista. Aikasarjatiedoista ennustaminen perustuukin oletukselle kysyntäkuvion toistumisesta tai jatkumisesta, ts. ne olosuhteet, jotka vaikuttivat kysyntään menneisyydessä, vaikuttavat myös tulevaisuudessa. Historiatietojen visuaalisessa ajan funktiona tarkastelussa voidaan havaita tunnistettavia kysyntäkuvioita, esimerkiksi ajan suhteen selkeästi nousevan tai laskevan kysynnän trendikuvaaja, aaltoilevan kysynnän syklisyys, tai selkeästi vuorokauden- tai vuodenaikoihin sidoksissa olevan kysynnän sesonkiluonteisuus. (4, s. 72 - 74.)

Kvalitatiivisessa ennustamisessa käytetään mm. henkilöstön kokemustietoa, poliittisten tai markkinataloudellisten tekijöiden vaikutusten arviointia sekä erilaisia asiakas- ja markkinatutkimuksia. Näiden keinojen avulla voidaan ennustaa odottamattomien tai epäsäännöllisten tapahtumien tai olosuhteiden vaikutusta kysyntäkuvioon. Kokonaisuennuste voidaan luoda käyttämällä historiatietoihin perustuvaa aikasarjapohjaista ennustetta ja tekemällä siihen kvalitatiivisiin menetelmiin perustuvia muutoksia kokemuspohjalta. Useimmiten tämänkaltaisesti yhdistämällä kokemuspohjaista kvalitatiivista sekä numeerista kvantitatiivista tietoa menneestä voidaan kehittää parhaiten yrityksen toimialan luonteeseen sopiva ennustemenetelmä. (4, s. 70 - 72.)

Ennusteen luomisen jälkeen tulee tuotantojärjestelmään sisällyttää mekanismi kysynnänvaihteluihin varautumiseksi. Tämä on mahdollista toteuttaa sekä tasaisella että kysynnän mukaan muuttuvalla tuotantokapasiteetilla. Kysynnän mukaan muuttuva kapasiteettisuunnittelu sopeutuu kysynnänvaihteluihin tahdistamalla tuotantomäärät samalle tasolle menekin kanssa. Tämä toteutetaan usein henkilöstöjärjestelyin ylitöillä, osaaikaisuuksilla tai ulkoisen vuokratyövoiman avulla. Tuotantokapasiteetin sopeuttamisen hyviä puolia ovat pienet varastoarvot sekä henkilöstöresurssien tehokas hyödyntämi-



nen. Sen heikkouksia on kuitenkin resurssien sitoutuminen henkilöstöohjaukseen ja muihin sopeuttamistoimenpiteisiin. Kysynnän laskiessa huomattavasti voidaan joutua turvautumaan henkilöstön lomautuksiin tai irtisanomiseen, mikä aiheuttaa aina muutoksia tuotantolaitoksen työilmapiirissä sekä -viihtyvyydessä ja heijastuu myös tuottavuuteen. (1, s. 472; s. 282 - 283; 4, s. 608 - 610.)

Tasaista tuotantokapasiteettia ylläpidettäessä kysynnänvaihteluihin voidaan vastata varastojen avulla. Tällöin tuotantokapasiteetti pidetään pääsääntöisesti vakiona ja kysynnän laskiessa keskimääräisestä ylituotanto siirretään varastoon. Kysynnän noustessa voidaan myydä varastossa valmiina olevia tuotteita. Varastotasointu sopii parhaiten pienehkön tai hyvin ennakoitavan kysynnänvaihteluvälin toistuvaan tuotantoon, jossa tuotanto on varasto-ohjautuvaa eli ns. varastosaldon ylläpitoon valmistavaa, ja jossa tuotekokoonpano on sama ja valmistusmäärät suuria. Tällöin voidaan varmistua varastojen riittävydestä ja tyhjentyemisestä, jotta vältetään seisovien valmisteiden aiheuttamia varastointikuluja sekä minimoidaan liiallinen varasto-omaisuuteen sitoutunut pääoma tilikauden päätöstä lähestyttäessä. Usein varastotasointu käytetään vahvasti sesonkiluontoisissa tuotteissa, jolloin sesongin ulkopuolella valmistetaan varastoon vastaamaan sesonkiajan kysynnän kasvua. (1, s. 47; 4, s. 543.)

Tilausohjatussa eli tilausten perusteella valmistavassa tuotannossa tasaisen tuotantokapasiteetin ylläpito on mahdollista asettamalla tuotantokapasiteetin ylittävä kysyntä tilausjonoon. Kuitenkin tilausjonon kasvaessa liian suureksi tulee arvioida kapasiteetinnostotarve ja -mahdollisuudet, sillä toimitusaikojen pidentyessä kysyntä lähtee ennen pitkää laskuun. (2, s. 281 - 282.)

### 3 Kunnossapito

#### 3.1 Kunnossapidon merkitys

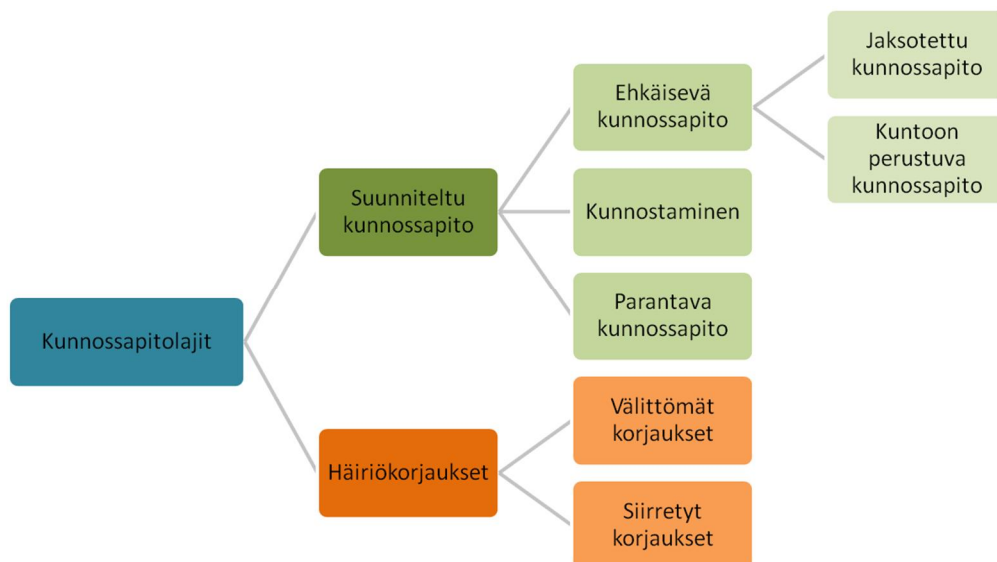
Tuotantolaitoksen kunnossapito terminä käsittää paljon muutakin kuin laitteiston huollot ja muut suorittavat toimenpiteet, ja sitä tulisikin tarkastella kokonaisvaltaisena osana alueena tuotantolaitoksen toiminnassa. Yleensä tuotantolaitoksen kannattavan ja häiriöttömän toiminnan takaamiseksi tulee kunnossapidon suunnitteluun ja toteutukseen investoida laitteistojen ja järjestelmien monimutkaisuudesta sekä kehittyneisyydestä riippuen. Lisäksi kunnossapidon suunnitteluun vaikuttaa tuotteiston kokoonpanon monimutkaisuus ja variaatiot sekä loppu- ja välivarastoinnin käyttö. Yllättävä rikkoutuminen väärällä hetkellä voi aiheuttaa yritykselle merkittäviä menetyksiä ja johtaa jopa asiakassuhteen katkeamiseen. Täten kunnossapidon kustannukset maksavat itsensä takaisin ennen pitkää parantuneena käyttövarmuutena ja tuotannon tehostumisena konerikkojen määrän laskiessa. (5, s. 360 - 361.)

Konerikkojen ehkäisyn lisäksi kunnossapito vaikuttaa myös valmistettavan tuotteen laatuun; tuotantolaitteiston laadukas huolto heijastuu tuotteiden laatuun. Tämän vuoksi riittävällä kunnossapidolla voidaan minimoida hävikin määrää. Pitkän tuotantoketjun tuotteiden laatuvirheet saattavat ilmetä vasta loppuvaiheessa, jolloin koko valmistuserä voidaan joutua hylkäämään. Sopivalla ennakko- ja huoltotajuuksella sekä työkaluvaihdoilla ja tarkistuksilla tällaiset tilanteet voidaan minimoida ja ehkäistä jo ennen syntymistään. (5, s. 364.)

Tehokkaalla kunnossapidolla voidaankin siis vaikuttaa olennaisesti tuotannon tehokkuuteen ja kannattavuuteen sekä laatuun, ja siksi siihen tulisi panostaa riittävästi eikä suhtautua puhtaasti kustannuseränä. Jotta kunnossapitoon sijoittaminen olisi mielekästä, se tulee suunnitella systemaattisesti ja kattavasti. Kunnossapidon resurssit tulee mitoittaa siten, että siitä saatu hyöty olennaisesti parantaa tuotantotehokkuutta, ja koska ei ole tehokasta huoltaa enemmän kuin on tarvetta, tulee kustannukset optimoida ennakoivaan huoltoon käytettävien resurssien sekä yllättävästä konerikosta aiheutuvien kustannusten välille. Erityisesti korkean käyttöasteen tuotantolaitoksen kunnossapito tulisi optimoida laitekohtaisesti riippuen laitteiden iästä ja kunnosta sekä kriittisyydestä tuotantoketjussa. Mikäli kunnossapitoon on käytettävissä vain rajallisesti resursseja, on kannattavaa painottaa huoltoresursseja vanhempaan ja huonokuntoisempaan laitteistoon, joiden arvioitu rikkoutumistodennäköisyys on suurempi.

### 3.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapitolajien jaotteluun on olemassa erilaisia tapoja. Esimerkkinä standardi PSK 6201:2011 (6) jakaa kunnossapitolajit hierarkkisesti kuvan 3 mukaisesti.



Kuva 3. Kunnossapitolajit standardin PSK 6201:2011 mukaisesti (6)

Tässä kunnossapitolajit on jaoteltu kahteen alalajiin: suunniteltuun eli pääsääntöisesti ennen vian havaitsemista tapahtuvaan systemaattiseen kunnossapitoon ja reagoivaan eli vian havaitsemisen jälkeen tapahtuvaan kunnossapitoon. Suunnitellun kunnossapidon alaisuuteen lukeutuvat ehkäisevä ja parantava kunnossapito sekä kunnostaminen. Ehkäisevä kunnossapito on taasen jaettu edelleen jaksotettuihin ja kuntoon perustuviin toimenpiteisiin. Reagoiva kunnossapito eli häiriökorjaukset on jaettu välittömiin ja siirrettyihin korjauksiin. Kunnossapitolajien jaottelu ei kuitenkaan ole absoluuttista, ja toimenpiteiden tehtäväkentässä saattaa esiintyä päällekkäisyyksiä. (7, s. 47.)

Kunnossapitolajien tarkoituksenmukaisuutta voidaan kuvailla melko yksiselitteisesti jakamalla toimenpiteet niiden tavoitteiden mukaisesti ennakoivaan, korjaavaan ja parantavaan kunnossapitoon.

### Ennakoiva kunnossapito

Ennakoivalla kunnossapidolla tarkoitetaan etukäteen suoritettavaa huolto-ohjelmaa, jossa tehdään sopivin väliajoin ehkäiseviä huoltotoimenpiteitä, jotka pienentävät laitteen rikkoutumistodennäköisyyttä. Ennakkohuoltoaikataulu suunnitellaan etukäteen ja huollot voidaan toteuttaa mm. laitekohtaisten käyttötuntien, kalenteripäivien, valmistusneiden kappaleiden, kunnonvalvonnan tai tilastollisen arvioinnin perusteella. Kunnonvalvontaan perustuvassa huollossa määritetään sallitut arvot laitteen ja sen osien suorituskyyvylle. Näitä arvoja mittaamalla voidaan määritellä, tarvitaanko osanvaihtoa tai korjaustoimenpiteitä jo ennen aikataulutettua ennakkohuoltoa tai vasta sen jälkeen, ja täten tehostaa ehkäiseviä toimenpiteitä entisestään. Kunnonvalvonta tuottaa myös laitteen osien kulumisesta hyödyllistä tilastotietoa, jota voidaan edelleen käyttää hyväksi ennakkohuoltoaikataulua suunniteltaessa. (2, s. 533 - 534; 5, s. 365 - 366.)

### Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito käsittää nimensä mukaisesti jo aiheutuneen rikkoutumisen korjaustoimenpiteet yleensä odottamattomissa olosuhteissa. Korjaava kunnossapito aiheuttaa yleensä tuotannon katkeamisen, mikä on luonnollisesti epämieluisa tilanne tuotantolaitoksessa. Tästä huolimatta korjaavan kunnossapidon menetelmää saatetaan käyttää lähtökohtaisesti sellaisten tuotantolaitteiden kanssa, jotka eivät ole kriittisiä tuotannon toiminnan kannalta tai tilanteessa, jossa on taloudellisesti edukkaampaa valmistaa tuotetta keskeyttämättä tuotantoa ennakkohuoltojen vuoksi. (2, s. 533; 5, s. 365.)

### Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito koostuu laitteiston suorituskyyvyn vaikuttavista toimenpiteistä, jotka esimerkiksi parantavat käyttövarmuutta ja helpottavat kunnossapitoa vastaisuudessa. Päätökset parannuksien tekemisestä syntyvät mm. seurauksena laitteen kunnossapidon tilastoidusta toimintahistoriasta, josta voidaan arvioida, jatketaanko laitteen nykyisellä kokoonpanolla ja huolloilla vai onko edullisempaa eliminoida ongelmakohta investoimalla laitteen päivitykseen. (2, s. 534 - 535; 5, s. 365.)

### 3.3 Kunnossapidon suunnittelu

Ennakoivaan ja suunniteltuun kunnossapitoon perustuva järjestelmä on huomattavasti edullisempi tapa ylläpitää tuotantolaitoksen toimintakuntoa verrattuna vain vikatilanteisiin reagoivaan kunnossapitoon, vaikkakin näiden kahden menetelmän kustannusrakenteet ovat hyvin erilaisia. Laitevian ilmetessä korjaavan kunnossapidon kustannukset voivat pääosin koostua tuotantokapasiteetin menetyksestä ja tehottomuudesta aiheutuvista kuluista, kun taas ennakoivan kunnossapidon kustannukset painottuvat järjestelmän ylläpito- ja henkilöstökuluihin. Korjaavan kunnossapidon periaatteella toimivan järjestelmän kustannukset ovat yleensä moninkertaiset ja kustannusten suhde korostuu ehkäisevien kunnossapitotoimenpiteiden vähentäessä yllättävien korjaustoimenpiteiden määrää laitteiden parantuneen käyttövarmuuden ansiosta. (7, s. 15, 103.)

Tehokas kunnossapitojärjestelmä huomio eri osa-alueet laitteen elinkaareissa ja myös dokumentoi vikatilanteet ja pyrkii oppimaan näistä. Sekä käytännöllisyyden että taloudellisen näkökulman kannalta kunnossapitosuunnitelmassa voidaan hyödyntää kaikkia kunnossapitolajeja. Olennaista on selvittää oikea kunnossapitotyyppi kullekin tuotantojärjestelmän osa-alueelle. Myös ehkäisevän kunnossapidon poisjättäminen voi olla osa suunniteltua kunnossapitojärjestelmää. Laitetta saatetaan käyttää sen rikkoutumiseen asti, jonka jälkeen se korjataan tai korvataan uudella, ja tätä kutsutaankin *Run To Failure* -menetelmäksi. Sen soveltaminen voi olla kannattavaa sellaisilla tuotantolinjoilla, joiden merkitys kokonaistuotannolle on pieni, tai niiden keskeytymätön käytön jatkuminen on taloudellisesti kannattavampaa kuin ehkäisevän kunnossapidon tuoma hyöty. (2, s. 533 - 535; 7, s. 48.)

Ennaltaehkäisevä kunnossapitosuunnitelma koostuu vikaantumista aiheuttavien tekijöiden etsimisestä ja ehkäisemisestä, syntyneiden vikojen havaitsemisesta ja korjaamisesta sekä laitekohtaisesti optimoidusta huolto-ohjelmasta, joka perustuu laitteen kuntoon ja käyttöön, erityisesti sen käymisaikaan ja rooliin tuotantojärjestelmässä. Säännöllisesti tehtävien tarkastusten merkitys kasvaa laitteen iän ja tärkeyden mukaisesti. Lisäksi huolto-ohjelmassa tulee huomioida kokemukseen tai valmistajan antamaan tietoon perustuvat ylläpitotoimenpiteet, kuten voitelut, liitosten varmistukset sekä osien, työkalujen ja öljyn vaihdot. (5, s. 373 - 374; 7, s. 96.)

Kunnonvalvonnan avulla voidaan systemaattisesti ja tehokkaasti havaita tuotantolaitteiden suorituskyvyssä tapahtuvia muutoksia, ja sitä voidaan hyödyntää erityisesti sil-

loin, kun laitteen jatkuva käyminen on kriittistä tuotannon kannalta tai vaihdettava osa halutaan hyödyntää sallittuihin suoritusrajoihin asti sen kalliin hinnan vuoksi. Kunnonvalvonnan käytön arviointi aloitetaan esimerkiksi tuotantolaitteiden kriittisyysarvioinnilla, jonka perusteella määritetään kunnonvalvonnan tarpeellisuus. Lisäksi kartoitetaan tarvittavat kunnonvalvontamenetelmät ja arvioidaan niiden taloudellinen kannattavuus laitekohtaisesti. Lopuksi laaditaan kunnonvalvontasuunnitelma, jossa on määriteltynä valvontamenetelmät ja niiden edellytykset, tarkastusvälit sekä tulosten arviointi ja jatko-toimenpiteet. (5, s. 374; 8, s.162 - 163.)

Kunnonvalvonnan mittauksiin on käytössä useita menetelmiä, ja niiden valinta riippuu valvottavan laitteen toimintaperiaatteista ja kokoonpanosta. Esimerkkejä käytetyistä mittauskeinoista ovat mm. värähtelymittaukset, joita käytetään erityisesti pyörimisliik-keeseen perustuvien laitteiden kunnonvalvonnassa, öljyn kulumishiukkasanalyysit, geometrian mittaukset työstökoneissa sekä koneenosien lämpötilanmittaukset. (5, s. 374 - 377.)

Kunnonvalvonnan tuloksien perusteella voidaan arvioida laitteen kunnossapitosuunni-telman soveltuvuutta tai puutteita niistä saatujen tilastollisten suorituskykytietojen avul-la. Ilmenneiden vikojen vakavuus ja aiheuttajat arvioidaan ja laitteelle luodaan päivitetty huolto- tai korjaus- tai parannussuunnitelma. Saatuja tuloksia hyödynnetään myös tule-vissa tarkastuksissa ja kerättyjä tilastoja voidaan käyttää kunnonvalvontajärjestelmän kehittämisessä. (2, s. 535; 8, s. 172 - 173.)

## 4 Crown Pakkaus Oy

Crown Pakkaus Oy on Helsingin Herttoniemessä sijaitseva elintarvike- ja teknokemian pakkauksia valmistava yritys. Se kuuluu kansainväliseen Crown Holdings -konserniin. Tuotevalikoimaan kuuluu kaikenlaiset metallipakkaukset pienistä elintarvikesäilykkeistä suurempiin tynnyreihin, mm. 1-, 3-, 10- ja 20-litraiset maalipurkit, 34 - 68-litraiset kemikaalipakkaukset, 200-litraiset tynnyrit sekä halkaisijaltaan 73 - 99 mm elintarvike- ja 155 - 212 mm suurtalouselintarvikesäilykkeet.

Crown Pakkaus Oy:n tuotanto perustuu Helsingin Ullanlinnassa vuonna 1876 toimintansa aloittaneen Oy G. W. Sohlberg Ab:n, joka tunnetaan myös lyhenteellä GWS, metallirasioiden valmistukseen. Vuonna 1948 GWS siirsi toimintansa nykyisiin tiloihin Herttoniemessä, jossa se laajensi toimintaansa vuonna 1959 ensimmäisen rasia-automaattilinjansa ja vuonna 1964 aloitetun tynnyrien valmistuksen myötä. Vuonna 1970 aloitettiin hitsattujen rasioiden valmistus. Herttoniemen pakkausvalmistus myytiin 1993 ranskalaiselle pakkausalalla toimivalle Carnaud-konsernille ja vuonna 1996 siirryttiin kansainvälisen Crown Holdings -konsernin alaisuuteen. (9, s. 6.)

Crown Holdings -konsernin päätoimipaikka sijaitsee Philadelphiassa Pennsylvanian osavaltiossa Yhdysvalloissa. Vuonna 2012 konserni työllisti 21 856 henkilöä 149 tehtaassa 41 maan alueella ja koko konsernin liikevaihto oli 8 470 miljoonaa USD. Liiketoiminta on jaettu maantieteellisesti kolmeen divisioonaan: Pohjois- ja Etelä-Amerikka, Eurooppa sekä Aasian ja Tyynenmeren alue. Näiden alueiden liiketoimintaa tarkastellaan myös tuoteryhmäsegmentteittäin, joita ovat *Food*, *Beverages*, *Aerosol Cans* sekä *Specialty Packaging*. Nimien mukaisesti konsernin liiketoiminta koostuukin ruokasäilykkeiden, juomatölkkien, aerosoli- sekä erikoispakkausten valmistuksesta. Crown Pakkaus Oy sijoittuu *Specialty Packaging* -segmenttiin, ja yrityksen vuosittainen liikevaihto on viime vuosina ollut keskimäärin n. 25 milj. euron tasolla. (10.)

Yrityksen asiakaskunta on pääsääntöisesti vakiintunut, joten läpimenoaika tilauksesta toimitukseen on verrattain lyhyt, yleisimmin muutamia viikkoja. Suurimmilla asiakkaila on vakiintuneet tuotekokoonpanot ja toimitussopimukset, joten toistuvassa erätuotannossa tuotteiden valmistus on rutiininomaista. Koska yrityksen tuotteiden kokoonpano on yksinkertainen, ei tilauksen saavuttua tarvita juurikaan tilauskohtaista konfigurointia tai tuotesuunnittelua.

## 5 Lähtökohdat kunnossapito- ja tuotannonseurannan yhtenäistämiseen

### 5.1 Valmistusprosessi

Crown Pakkaus Oy:n tehtaan valmistus koostuu kartio-, kansi-, rasia- ja tynnyrilinjoista sekä painosta. Ennen pakkausvalmistukseen saapumista toimittajalta saapuvat raaka-levyt ajetaan lakka- ja väripainokoneen läpi, jossa levy saa tilauksen määritelmän mukaisesti pakkauksen ulkoisen painatuksen sekä sisäpuolelle lakkapinnan. Tämän jälkeen painettu levypakka siirtyy tuotantoon varastopaikalle odottamaan valmistusta. Tynnyrilinjan levyjä ei paineta, vaan tarvittaessa ne saavat ulkopintaansa värin tynnyrilinjan maalausyksikössä.

Valmistus tuotantolinjalla alkaa työmääräimen perusteella. Käytettävät levyt leikataan laitteiston kokoonpanon mukaan kansi-, pohja ja runkolevyaihioksi. Kansi- ja pohjalevyaihiot leikataan muotoon ja pintaprofiili muokataan haluttuun malliin. Osa kansista ajetaan myös tulpituskoneen läpi, joka lisää siihen halutun kokoisen muovitulpan. Runkolevyaihiot hitsataan kartioksi ja tarvittaessa reunaan pullistetaan tukisikki. Päätyreunat muotoillaan tarpeen mukaan ja toiseen päädyistä kiinnitetään joko pohja tai kansi. Toinen pääty kiinnitetään asiakkaan toimesta pakkauksen täytön jälkeen. Runkoon hitsataan tarvittaessa kuppikorvakkeet, joihin kiinnitetään kantosanka. Myös pienempiä halkaisijaltaan 73 - 99 mm elintarvikesäilykkeitä valmistetaan levyaihiosta vetämällä, jolloin runko on saumaton. Valmiit tuotteet pakataan pääsääntöisesti välittömästi valmistumisen jälkeen lavoittain ja siirretään varastoon odottamaan kuljetusta.

### 5.2 Tuotannonsuunnittelu

Crown Pakkaus Oy:ssä käytetään J. D. Edwards -tuotannonsuunnittelujärjestelmää (JDE), jonka avulla saatetaan tieto tilauksesta tuotantoon. Myynnistä syötetään järjestelmään valmistussanomien saapuneista tilauksista ja tuotannonsuunnittelija ajoittaa tilaukset tuotantoon kapasiteetin mukaisesti. Yrityksessä ei ole käytössä varsinaista tilausten priorisointijärjestelmää, vaan priorisointi tapahtuu tuotannonsuunnittelijan työpöydällä tilausten ajoituksen yhteydessä.



Tilausyksiköitä käsitellään tuotannonsuunnittelujärjestelmässä työnumeron eli *work orderin* perusteella, joka on kullekin kokonaisuudelle yksilöllinen juokseva numerosarja. Work order siirretään linjalle tuotantoon tulostamalla siitä työmääräin, josta ilmenevät muun muassa työnumero, linjatunnus, tuotenumero, valmistumisen eräpäivä, valmistettava lukumäärä sekä tuotteen rakenne ja tarvittavat materiaalit. Lisäksi työmääräimessä on viivakoodit linjatunnuksen sekä työnumeron syöttämiseen tuotannon Barcoding-järjestelmään, josta voidaan tulostaa tarrat pakattuihin lavoihin tunnistusta ja varastointia varten. Työmääräimet toimitetaan tuotantolinjoille ja valmistettavan tuotekokoonpanon perusteella linjan laitteisto asemoidaan oikeisiin mittoihin. Tuotetta valmistetaan työmääräimessä ilmoitettu lukumäärä, ja yleisesti ottaen tuotteet kerätään lavoittain pakattavaksi välittömästi valmistumisen jälkeen.

### 5.3 Tuotannon, myynnin ja varaston seuranta

Jokaisella linjalla täytetään työvuorokohtainen tuotantoraportti, ja näiden perusteella työnjohtaja syöttää valmistuneiden tuotteiden määrän linjoittain ja kokoluokittain Modus7-tuotannonraportointijärjestelmään. Modukseen syötetään myös käytetyt työtunnit, jolloin sen avulla voidaan seurata linjakohtaisesti tuotannon tehokkuutta halutulla aikavälillä.

JDE-tuotannonsuunnittelujärjestelmästä voidaan ottaa ulos Excel-taulukkomuotoinen raportti, josta ilmenevät mm. myyntitilaukset, varastotilanne sekä suunniteltu tuotanto. Tämän lisäksi Modus7-järjestelmästä voidaan tulostaa tuotantoraportteja esimerkiksi kuukausi- tai vuositasolla koko tehtaan laajuisesti tai linjakohtaisesti. Näistä ilmenevät valmistettujen kappalemäärien lisäksi myös mm. tuotannon suhteellinen tehokkuus ja hävikki sekä käytettävyys valitulla ajanjaksolla. Lisäksi yrityksen myynnistä saadaan tietoa Excel-muotoisen EV Sales -raportin kautta, jossa myytyjen tuotteiden määrä on eroteltu tuotekokoonpanoittain ja asiakkaittain.

#### PSI -taulukko

Eri tietojärjestelmistä saatavia tietoja hyödynnetään tuotannon kuukausitason seurannassa mm. *Production Sales Inventory* - eli PSI-taulukkokokonaisuuden avulla. Tiedosto koostuu eri toiminnoille osoitetuista välilehdistä, jotka taas koostuvat useammasta eri

lukemia käsittelevästä taulukosta. Kuvassa 4 on nähtävissä yleisesti käytetty taulukko-pohja, jossa on vaaka-akselilla kuukaudet ja pystyakselilla linjatunnukset.

			2014 Monthly production											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			Inventory Ending From JDE											
		Total												
F16 Fin CN02/001	525CN02	0												
F17 Fin CN02/002		0												
F26 Fin 99x119	525CN01	0												
F29 Fin CN01/001		0												
F31 Fin CN01/003		0												
F33 Fin 105x59 pk rasia/lakat		0												
F44 Fin DF01/001	525DF01	0												
F62 Fin DR07/001	525DR07	0												
F63 Fin DR07/002		0												
G05 DR02-20L	525DR02	0												
G12 DR02-10L	525DR02	0												
G22 DR03	525DR03	0												
G27 Fin CN03/001	525CN03	0												
G31 Fin DR01/001	525DR01	0												
F64 Fin 200 KK	525DR05	0												
G16 570 end	525LI14	0												
G19 105 end and ring	525PD03	0												
G20 155 end	525LI12	0												
G23 268 end	525LI13	0												
G25 360 end	525LI04	0												
G26 570 lid	525LI14	0												
G28 99 end	525PD02	0												
G71 212 end	525LI10	0												
Blank-Master Plan Family 41/P4		0												
G17 73 end	525PD01	0												
G41 105 plid	525PD04	0												
G43 285 lid 0,35	525LI03	0												
G44 285 lid 0,45	525LI03	0												
G45 285 plid	525LI20	0												
G46 285 lid 0,45 cork	525PF03	0												
G47 285 lid 0,35 cork	525PF03	0												
G48 380 plid	525LI06	0												
G51 175 plid	525LI18	0												
G53 Fin 175 kannet 001		0												
G55 175 lid	525LI01	0												
G60 380 lid	525LI07	0												
G63 175 lid cork	525PF01	0												
G70 99 lid	525LI09	0												
Tot Cans			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tot Lids			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tot Ends			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Kuva 4. PSI -taulukkopohja

Tiedostosta löytyvät omat PSI-taulukot mm. varastosaldoille, myynnille, budjetille sekä suunnitellulle tuotannolle. Taulukkoa käytetään työkaluna tuotannon seurannassa sekä PSI-palaverissa.

PSI-taulukon merkittävimpiä ongelmia on sen epädynaamisuus, eli lähes kaikki myynti- ja tuotantolukemat tulee syöttää käsin toisesta järjestelmästä saatujen tietojen perusteella. Tämä altistaa inhimillisille virheille ja on ennen kaikkea aikaa vievää.

PSI-taulukkoon tuodaan tietoa pääsääntöisesti tuotannonsuunnittelujärjestelmästä (JDE) sekä tuotannonraportointijärjestelmästä (Modus). Tämän lisäksi myynnin tiedot

saadaan erillisestä EV Sales -taulukosta. Kaikissa näissä lähteissä on eri merkinnät tuotantolinjoille ja tuotteille.

Tehtaan valmistuspuolella on 27 eri linjatunnuksen alaista yksikköä tuotteiden valmistukseen, ja osassa linjoista valmistetaan myös erikokoisia pakkauksia. Linjat on merkitty linjatunnuksin paikan päällä, mutta järjestelmissä linjojen tunnuksissa ilmenee eriävyyksiä. Lisäksi linjoilla, joilla valmistetaan eri kokoja, on tuotannonraportointijärjestelmässä kokoonpanokohtaiset OP-koodit, jotka tulee ottaa huomioon yksilöidessä valmistettu tuote oikeaan kategoriaan. Myös vuosihuoltosuunnitelmassa käytetään erimuotoisia nimityksiä linjoille.

#### 5.4 Kunnossapitojärjestelmä

Pääasiallisesti linjoilla on määritelty viikkohuollot, joiden avulla ylläpidetään laitteiston toimintakuntoa säännöllisin toimenpitein. Erityisesti työkalujen teroituksissa ja huolloissa hyödynnetään kunnonvalvontaa. Lisäksi linjoille on määritelty tarvittava vuosihuoltotaajuus. Vuosihuollot pyritään ajoittamaan siten, että ne eivät kriittisesti häiritse tuotantoa. Kunkin linjan vuosihuollolle on lista läpikäytävistä kohdista, ja lähtökohtaisesti yhden linjan huoltoon varataan yksi viikko. Kunnossapidon suorittaa linjajhenkilöstön ohella kunnossapitohenkilöstö sekä tarvittaessa sähköasentaja.

Tällä hetkellä kunnossapidon suunnitteluun ja seurantaan käytetään Excel-taulukoita, jotka ovat yleisellä verkkoasemalla kaikkien saatavissa. Vuosihuoltosuunnitelma on viikkotasoinen taulukko, jossa on eriteltynä tehtaan valmistus- ja painolinjat sekä muut tuotantoa tukevat oheislaitteet kuten levypakankääntölaitteet ja valmistuneiden tuotelavojen huputtajat. Huollon aikana linjaa ei luonnollisesti voida käyttää ja koska vuosihuoltoihin varataan pääsääntöisesti kokonainen viikko, vaikuttaa se merkittävästi tuotannonohjaukseen. Vuosihuoltojen ajoitus vaatii sen vuoksi johdonmukaista suunnittelua, sillä huoltotoimenpiteet eivät saa vaikuttaa asiakkaiden toimitusaikoihin. Lisäksi käytössä on erillinen taulukko linjojen työkalujen teroituksille ja huolloille, jotka ovat lyhytkestoisempia, eivätkä vaikuta tuotantoon yhtä suuresti kuin vuosihuollot. Kuvassa 5 näkyy vuosihuoltosuunnitelmataulukon rakenne.

VUOSIHUOLTOSUUNNITELMA 2014 / CROWN Pakkaus Oy																					
LINJA	AREA Code	Tammikuu			Helmikuu			Maaliskuu					Huhtikuu				Toukokuu				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tuotanto																					
DR 03 ( 154 Kartio 3 L)	525449															x					
DR 02 ( 153 Kartio 10-20 L)	525449								x												
285 Korvakekansi	525443				x																
285 Painokansi	525443																				
268 Pääty	525443																				
175 Korvakekansi	525443																				
175 Painokansi/Topex	525443																				
153 Huputtaja	525449								x												
DR 01 (160 Säilyke)	525449																		x		
CN 03 ( 161 Säilyke)	525449	x																			
212 Pääty	525439	x																			
155 Pääty	525439																				
161 Huputtaja	525449												x								
Vahauskone	525439														x						
CN 01164	525448																				
CN 02 166	525448																				
PD 04 (105 Painokansi)	525439																				
370 R kansi	525439																				
99 kalapurkki	525439																				
370 pääty	525439																				
PD3 (105 Pore)	525439																		x		
DR 07 (Lyon)	525449																				
DR 05 (Tynnyri)	525457	x																			
Tynnyrin pääty	525457	x																			
Termo ja uunien vuositarkistukset	525480			x																	
Pakkojen kääntölaitteet 2 kpl	525430/525439																				x
Puristimien turvatarkistus	525443/525439																				
Säätöskaitojen tukien	525480																				

Kuva 5. Vuosihuoltosuunnitelmataulukko

Kunnossapitopäällikkö ylläpitää taulukoita eri linjojen vuosihuolloista ja sijoittaa huollot suunnitelmaan linjakohtaisen tarpeen mukaan. Sijoitetut huollot hyväksytetään tuotannonsuunnittelijalla. Käytännössä tämä tapahtuu Excel-tilin merkintää muuttamalla sekä mm. viikoittaisessa suunnittelupalaverissa, jossa käsitellään myös mahdollisesti kiireellisten asiakastilausten tieltä myöhempään ajankohtaan lykättäviä vuosihuoltoja. Hyväksytyt huollot on merkitty vuosihuoltosuunnitelmaan solun oranssilla taustavärillä.

Vuosihuoltotaulukotiedostosta ilmenevät myös arviot linjojen vuosihuoltojen kestosta sekä tarvittavan henkilöstön määrästä. Vuosihuoltotaulukossa seurataan myös kunnossapidon budjettia, ja sen avulla voidaan laskea linjakohtaiset kustannukset sekä arvioida tulevia kustannuksia. Tarvittaessa huoltotoimenpiteisiin käytetään ulkoisen kunnossapitoyrityksen palveluita.

Crown Holdings -konsernissa on otettu osassa toimipaikoista käyttöön uusi kunnossapitojärjestelmä, ja tulevaisuudessa se otetaan myös käyttöön Helsingin tehtaalla. Uusi järjestelmä ottaa huomioon paremmin kunnossapidon ja tuotannonsuunnittelun sekä varaosien hallinnoinnin. Tällä hetkellä käyttöönotto on lykätty määrittelemättömään ajankohtaan.

## 6 Kunnossapito- ja tuotannonseurannan yhtenäistämisen toteutus

Insinööri työ toteutettiin aloituskeskustelujen perusteella saatujen ehdotusten pohjalta. Aloituskeskusteluissa haastateltiin tuotannonsuunnittelijaa sekä logistiikka- ja kunnossapitopäälliköitä. Kun käytettävät kehityskohteet ja menetelmät olivat selvillä, siirryttiin työstövaiheeseen, jonka aikana käytiin erinäisiä seuranta- ja toteutuskeskusteluja. Nämä keskustelut taas ohjasivat työn edistymistä oikeaan suuntaan.

### 6.1 Aloituskeskustelut ja orientaatio

Alustavissa keskusteluissa päälimmäiseksi ongelmaksi nousi tiedon siirtyminen tehtaan ja suunnittelun välillä. Tieto linjalla valmistettavasta tuotteesta siirtyy suunnittelusta tuotantoon tulostettujen työmäärimien välityksellä, joten myös tieto muutoksista joudutaan välittämään "fyysisesti". Tähän ei ole käytössä vakiinnutettua menetelmää, ja valmistustoiminnan vaihtelevuuden vuoksi viikon sisällä voidaan joutua tekemään lukuisia muutoksia aikatauluihin. Aikataulumuutokset aiheuttavat myös viivästyksiä ja siirtoja aikataulutettujen vuosihuoltojen suhteen, mikä taas vyöryttää ongelmaa seuraaville viikoille. Eräänä ratkaisuna kommunikaation parantamiseksi nähtiin viikkosuunnitelman käyttöönotto, jolloin voitaisiin tarkastella viikkokohtaisesti jokaisen linjan tilaa ja määritellä valmistettava tuote kullekin ajankohdalle. Tällöin tieto olisi reaaliaikaisesti jokaisen sitä tarvitsevan käytettävissä.

Tuotannon tilasta saatava informaatio on oleellista myös myynnin ja logistiikan kannalta. Erillään olevat tietojärjestelmät hankaloittavat eri lähteistä saatavan tiedon tarkastelua kokonaisuutena, ja tällöin iso osa ajasta kuluu tiedon keruuseen ja oikeaan muotoon käsittelyyn. Tuotannonsuunnittelu- sekä raportointijärjestelmistä saatavat tiedot syötetään käsin mm. PSI-tilukoon, jonka avulla seurataan ajoitettua tuotantoa, myyntilukemia ja varastotilannetta sekä budjettia ja ennusteita.

Keskeiseksi kehityskohteeksi valikoitui PSI-tilukkokokonaisuus. Tarkoituksena oli kehittää tilukosta joustavampi työkalu, joka päivittyisi automaattisesti ja jota voisi hyödyntää myös tuotannon- ja kunnossapidon suunnittelussa sekä miehitystarpeen arvioinnissa. Näille kaikille toiminnoille on olemassa erilliset tilukot, jotka eivät ole olleet kytköksissä toisiinsa, ja täten kokonaiskuvan hahmottaminen on ollut hankalaa. Koska yrityksessä on käytössä useampi toisistaan erillään oleva järjestelmä, on näiden

tietojen kokoaminen ollut käytännöllisintä toteuttaa Excel-tiedostossa. Merkittävä hyöty voidaankin siis saavuttaa luomalla funktioiden avulla linkit näiden tietojen välille, jotta tuotannosta voidaan luoda kattava kokonaiskuva mahdollisimman automatisoidusti ja nopeasti.

Myös käytettävissä olevan henkilöstön määrä ja osaaminen vaikuttaa olennaisesti tuotannonsuunnitteluun, ja tämän vuoksi tuotantohenkilöstön lomalistat ja osaamismatriisit tulisi saattaa yhtenäisempään ja vakiinnutettuun muotoon.

## 6.2 PSI-tilukko

PSI-tilukoissa käytetään JDE-tuotannonsuunnittelujärjestelmän linjatunnuksia, joten muista lähteistä kerätyt tunnuksot jaoteltiin näiden mukaisesti. Tämän vuoksi ensimmäinen tehtävä oli kartoittaa eri lähteissä olevat nimitykset ja koota ne samaan tilukkuon, mikä oli erityisen olennaista, jotta lopullisissa suunnittelutaulukoissa käytetyt viittaukset ovat oikein.

Datansyötön automatisoiminen toteutettiin luomalla PSI-tilukkotiedostoon omat tiedonsyöttövälilehdet jokaiselle lähteelle: *JDE data* ja *EV Sales data*. Toteutuneen tuotannon tiedot haetaan PSI-tilukkuon *Reported production* -välilehdeltä. PSI-tilukko on vuosikohtainen, minkä vuoksi päädyttiin varaamaan kustakin tiedonsyöttösivusta A-sarake kuukausinumerolle, jolloin funktiot osaavat yksilöidä tiedot kullekin kuukaudelle. Koska funktiot tarvitsevat viittaustietoa toimiakseen, tulee joka kuukauden syötetty data säilyttää tiedostossa vuoden loppuun asti.

### JDE

JDE-tuotannonohjausjärjestelmästä saatavat Excel-tilukkomuotoisesta tiedostosta haettavat tiedot ovat yleisesti ottaen tarkasteltavan kuukauden suunniteltu tuotanto, myyntitilaukset sekä alkuvarasto viikkotasolla. Näitä tietoja voidaan hakea myös muilla aikamääreillä, mutta PSI-tilukkoa varten tietoja tarkastellaan yleensä viikkotasolla kuukausikohtaisesti. Tiedosto sisältää tuhansia rivejä tietueita, jotka koostuvat erilaisista myynti-, tuotanto- ja varastoluvuista kullekin linjalle. Kuvassa 6 näkyy esimerkki ohjelmasta saatavasta tilukosta.

Desc	Report Unit o	f Measure: EA	5.1.2014	12.1.2014	19.1.2014	26.1.2014	2.2.2014
F16 Fin CN02/001	Total for	Beginning Available (S&D)	231434	200322	115458	185034	76598
F16 Fin CN02/001	Total for	Total Receipt (S&D)	94960	9792	132000	250604	239332
F16 Fin CN02/001	Total for	Sales Orders (Unadj)	126072	94656	62424	359040	254592
F17 Fin CN02/002	Total for	Beginning Available (S&D)	171791	171791	198393	174923	174923
F17 Fin CN02/002	Total for	Total Receipt (S&D)	0	61000	0	0	0
F17 Fin CN02/002	Total for	Sales Orders (Unadj)	0	34398	23470	0	0
F26 Fin 99x119	Total for	Beginning Available (S&D)	52239	52239	214167	201063	201063
F26 Fin 99x119	Total for	Total Receipt (S&D)	0	234000	0	0	0
F26 Fin 99x119	Total for	Sales Orders (Unadj)	0	72072	13104	0	0
F29 Fin CN01/001	Total for	Beginning Available (S&D)	151376	157248	135288	113938	109906
F29 Fin CN01/001	Total for	Total Receipt (S&D)	10912	18648	29050	32760	13608
F29 Fin CN01/001	Total for	Sales Orders (Unadj)	5040	40608	50400	36792	15624
F31 Fin CN01/003	Total for	Beginning Available (S&D)	110862	119862	106862	74062	19757
F31 Fin CN01/003	Total for	Total Receipt (S&D)	80784	112528	0	19775	200000
F31 Fin CN01/003	Total for	Sales Orders (Unadj)	0	50000	32800	74080	0
F33 Fin 105x59 pk rasia/lakat	Total for	Beginning Available (S&D)	25342	23038	17278	16606	16606
F33 Fin 105x59 pk rasia/lakat	Total for	Total Receipt (S&D)	0	0	5088	0	0
F33 Fin 105x59 pk rasia/lakat	Total for	Sales Orders (Unadj)	2304	5760	5760	0	0
F44 Fin DF01/001	Total for	Beginning Available (S&D)	2783	2783	2783	2783	2783
F44 Fin DF01/001	Total for	Total Receipt (S&D)	0	0	11132	0	0
F44 Fin DF01/001	Total for	Sales Orders (Unadj)	0	0	11132	0	0
F62 Fin DR07/001	Total for	Beginning Available (S&D)	2778	4096	4096	4000	4000
F62 Fin DR07/001	Total for	Total Receipt (S&D)	2158	840	840	840	840
F62 Fin DR07/001	Total for	Sales Orders (Unadj)	840	840	936	840	840
F63 Fin DR07/002	Total for	Beginning Available (S&D)	61	6000	6000	6000	6000
F63 Fin DR07/002	Total for	Total Receipt (S&D)	5939	1848	1848	1848	1848
F63 Fin DR07/002	Total for	Sales Orders (Unadj)	0	1848	1848	1848	1848
G05 DR02-20L	Total for	Beginning Available (S&D)	31226	35842	34084	33878	33233

Kuva 6. JDE-tuotannonsuunnitteluohjelman Excel-tuloste

PSI-tilaukseen luotiin funktiot eri välilehtien välille, siten että raakadata syötetään *JDE data* -välilehteen, josta haetaan matriisifunktion avulla oikea data. Tällöin viittaus ei ole ns. kiinteä, vaan funktio etsii hakuehdot täyttävän rivin annettujen parametrien avulla ja palauttaa määrätyssä sarakkeessa olevan arvon. Tämä on erityisen hyödyllinen suuren rivimäärän vuoksi, mutta tiedostosta voidaan myös suodattaa tarpeettomat rivit, siten että vain halutut *Total for* -ehdon alla olevat kohdat *Beginning Available*, *Total Receipt (S&D)* sekä *Sales Orders (Unadj)* näytetään. Nämä rivit kopioidaan *JDE data* -välilehdelle, joista matriisifunktion avulla haetaan tiedot PSI-tilauksen oikeisiin kohtiin nimikkeiden perusteella.


### Modus7

Tuotantoraportti tulostetaan Modus7-järjestelmästä, minkä jälkeen tiedot syötetään käsin erilliseen tuotannonraportointitaulukkoon. Esimerkki Moduksesta saatavasta tuotantoraportista on kuvassa 7.

Tiimit	Linja	Standard Op Code	Valmistuneet Määrät	Tod. LHE tunnit (HH:MM)	Tehokkuus (LHE) %	Hävikki %	Käytettävyyys (HH:MM)	Ei käytettävissä (HH:MM)	Tuotanto raportti Lkm
	CA01: Leikk. Pohja Total		156 252	2:20	61,3	0,00	2:20	0:00	4
22_1 Rasia päädyt	DF01: 73-99 vedetyt	K073x029S	71 717	21:25	72,5	2,54	18:23	3:02	4
22_1 Rasia päädyt	DF01: 73-99 vedetyt	K099x035S	13 915	5:20	52,6	2,45	3:49	1:31	2
	DF01: 73-99 vedetyt Total		85 632	26:45	68,5	2,52	22:12	4:33	6
22_1 Rasia päädyt	LI04: 350ja360 pääty	PHS0360/B	6 391	18:15	60,7	0,08	18:10	0:05	5
	LI04: 350ja360 pääty Total		6 391	18:15	60,7	0,08	18:10	0:05	5
22_1 Rasia päädyt	LI06: 370ja380 kansi	PHT0380PL	3 023	10:00	52,4	0,49	9:10	0:50	4
	LI06: 370ja380 kansi Total		3 023	10:00	52,4	0,49	9:10	0:50	4
22_1 Rasia päädyt	LI07: 380 koka	PHS0380LB	537	1:10	79,7	1,65	1:10	0:00	1
22_1 Rasia päädyt	LI07: 380 koka	PHS0380LL	535	1:20	69,5	0,37	1:20	0:00	1
	LI07: 380 koka Total		1 072	2:30	74,3	1,02	2:30	0:00	2
22_1 Rasia päädyt	LI21: Kumi. Pohja	ASSLINI/M	12 000	31:16	55,4	0,17	26:43	4:33	10
22_1 Rasia päädyt	LI21: Kumi. Pohja	ASSLINI/S	180 679	92:33	84,6	0,25	88:28	4:05	19
	LI21: Kumi. Pohja Total		192 679	123:49	77,2	0,24	115:11	8:38	29
22_1 Rasia päädyt	PD01: 73 pääty	PHC073.0	786 112	37:40	52,9	0,50	28:12	9:28	7
	PD01: 73 pääty Total		786 112	37:40	52,9	0,50	28:12	9:28	7
22_1 Rasia päädyt	PD02: 99 pääty	PHC099.0	594 256	31:35	53,3	0,27	26:25	5:10	7
	PD02: 99 pääty Total		594 256	31:35	53,3	0,27	26:25	5:10	7
22_1 Rasia päädyt	PD03: 105 Pohja	PHS0105TE	89 524	10:50	71,6	0,37	7:55	2:55	2
	PD03: 105 Pohja Total		89 524	10:50	71,6	0,37	7:55	2:55	2
22_1 Rasia päädyt	PD03: 105 Rengas	PHS0105TR	83 502	11:30	62,9	0,00	11:30	0:00	2
	PD03: 105 Rengas Total		83 502	11:30	62,9	0,00	11:30	0:00	2
22_1 Rasia päädyt	PD04: 105 painokansi	PHS0105/L	160 640	35:25	59,5	0,37	24:00	11:25	9
	PD04: 105 painokansi Total		160 640	35:25	59,5	0,37	24:00	11:25	9

Kuva 7. Modus7-tuotantoraporttiesimerkki

Tuotannonraportointipohja (kuva 8) löytyy PSI-tilukosta *Reported production* -välilehdeltä, ja sen perusteella haetaan tiedot taulukon muille välilehdille.

Plant:	HELSINKI in EURO						
Category:	ACTU13						
Period:		HERTTONIEMI			CROWN		
Monthly /							
Cost Center	Workcenter+OpCode	Size	Actual Production (1000 kpl)	Actual Line Hours	Std Line Earned Hours	Efficiency	
8_1	525DR05_A570x872OC	570 X 872 O/T INTERNAL COATED	0,128	1,000	0,7	73,92 %	
8_1	525DR05_A570x872OP	570 X 872 O/T PLAIN	0,000	0,000	0,0	No Hrs	
8_1	525DR05_A570x872OT	570X872 O/T INT.COATED SILK SCREEN	0,000	0,000	0,0	No Hrs	
8_1	525DR05_A570X882	570X882 INTERNAL COATED SILK SCREEN	0,000	0,000	0,0	No Hrs	
8_1	525DR05_A570x882S	570 X 882 STANDARD SPECIFICATION	0,000	0,000	0,0	No Hrs	
8_1	525DR05_A570x882SS	570 X 882 STD SPEC SILK SCREEN	0,000	0,000	0,0	No Hrs	
8_1	525DR05_A570x882UC	570 X882 internal coated	0,000	0,000	0,0	No Hrs	
	525DR05_A570x882S		0,128	1,00	0,7	73,92 %	
8_11	525LI14_POS05700P	570 END O/T PLUG & CURL	0,000	0,000	0,0	No Hrs	
8_11	525LI14_POS05700T	570 END for OPEN TOP	1,400	4,783	4,0	84,51 %	
8_11	525LI14_POS0570TB	570 END & TOP	4,863	10,500	7,0	66,87 %	
			6,263	15,28	11,1	72,39 %	

Kuva 8. Tuotannonraportointipohja

Tiedot haetaan taulukosta matriisifunktioiden avulla, ja A-sarakkeeseen merkittävä kuukausinumero yksilöi kunkin kuukauden tuotannon.



## EV Sales

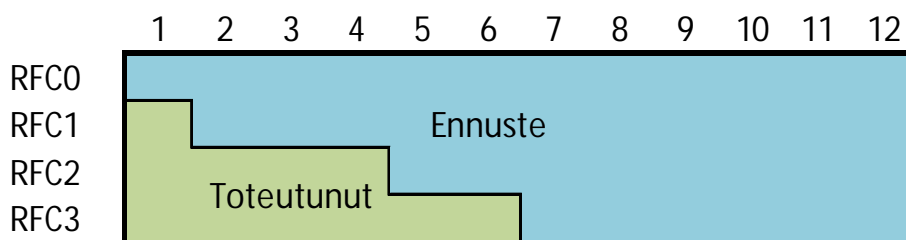
EV Sales -taulukosta ilmenevät asiakastilaukset taulukkomuodossa muotonimikkeittäin, jotka eroavat täysin muissa taulukoissa käytetyistä nimikkeistä. Kuvassa 9 näkyy osa EV Sales -taulukosta, josta tiedot kopioidaan supistettuun muotoon niiden tarkastelun yksinkertaistamiseksi *EV Sales data* -välilehdelle. Nimikkeiden yhdistäminen oikeisiin tunnuksiin PSI-taulukoissa tehtiin matriisifunktioiden avulla.

	October							
	Actual 2012	Actual 2013	Sales Orders 2013	3-Months FYF 2013	Rolling Forecast 3 2013	actual vs rf3	actual vs bud	Budget 2013
...S04265 - 099x099x063 Cyl 0.19 Eo	21,29	0,00		9,83	9,83	-9,83	-9,83	9,83
...S04270 - 099x099x112 Cyl 0.25	37,54	67,47		63,00	63,00	4,47	4,47	63,00
...S04275 - 155x155x162 Cyl 0.25	0,00	-0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00		0,00	0,00	-0,00	-0,00	0,00
...S04280 - 212x212x247 Cyl 0.26	58,16	44,05		30,00	30,00	14,05	14,05	30,00
...S04285 - 099x099x035 Cyl 0.25 Drawn	11,13				0,00	0,00	0,00	
	2,78					0,00	0,00	
	11,13	0,00		9,68	9,68	-9,68	-9,68	9,68
	0,00	0,00				0,00	0,00	
	2,78	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	2,78		8,35	8,35	-5,57	-5,57	8,35
	2,78	0,00			0,00	0,00	0,00	
	11,13	16,70		0,00	0,00	16,70	16,70	0,00
	0,00	0,00		20,00	20,00	-20,00	-20,00	20,00
	0,00	0,00		6,00	6,00	-6,00	-6,00	6,00
...S04295 - 099x099x028 Cyl 0.25 Drawn				7,00	7,00	-7,00	-7,00	7,00
						0,00	0,00	
...S04305 - 073x073x063 Cyl 0.16 Eo	12,41	11,42		0,00	0,00	11,42	11,42	0,00
	2,86	8,57		3,00	3,00	5,57	5,57	3,00

Kuva 9. EV Sales -taulukko

## Rolling Forecast

PSI-taulukkoon lisättiin myös *Rolling Forecastsille* (RFC) 0 - 3 välilehdet ja pohjat. Rolling Forecast toimii työkaluna kuluvan vuoden tuotantoennusteiden tarkastelussa PSI-taulukon yhteydessä. Nimensä mukaisesti rullaava ennuste koostuu osittain toteutuneesta myynnistä ja osittain ennusteesta. Vuoden edetessä siirrytään tarkastelemaan seuraavaa RFC-taulukkoa ja toteutuneen ja ennusteen kuukausitarkastelun suhde muuttuu. Kuvassa 10 on havainnollistettu yrityksessä käytettävän Rolling Forecast -näkömän periaatetta.



Kuva 10. Rolling forecast -periaate

RFC0-taulukko sisältää puhtaasti ennustelukemia koko vuodelle, RFC1-taulukko (kuva 11) koostuu tammikuun todellisista tuotanto-, varasto- ja myyntilukemista. RFC2:ssa vuoden 4 ensimmäistä ja RFC3:ssa vuoden 6 ensimmäistä kuukautta koostuvat toteutuneista lukemista.

		RFC1 2014							
		1	2	3	4	5	6	7	8
	Total	Production							
F16 Fin CN02/001	9219,68	9219,68							
F17 Fin CN02/002	2378,535	2378,535							
F26 Fin 99x119	641,473	641,473							
F29 Fin CN01/001	1772,722	1772,722							
F31 Fin CN01/003	1208,57	1208,57							
F33 Fin 105x59 pk rasia/lakat	427,518	427,518							
F44 Fin DF01/001	328,952	328,952							
F62 Fin DR07/001	69,168	69,168							
F63 Fin DR07/002	51,944	51,944							
G05 DR02-20L	715,299	715,299							
G12 DR02-10L	3041,068	3041,068							
G22 DR03	3525,516	3525,516							
G27 Fin CN03/001	708,78	708,78							
G31 Fin DR01/001	52,127	52,127							
F64 Fin 200 KK	21,954	21,954							
G16 570 end	21,954	21,954							
G19 105 end and ring	5141,56	5141,56							
G20 155 end	3657,861	3657,861							
G23 268 end	3680,849	3680,849							
G25 360 end	109,219	109,219							
G26 570 lid	21,954	21,954							
G28 99 end	5335,641	5335,641							
G71 212 end	1332,462	1332,462							
Blank-Master Plan Family 41/P4	0	0							
G17 73 end	9081,77	9081,77							
G41 105 plid	2692,947	2692,947							
G43 285 lid 0,35	3303,253	3303,253							
G44 285 lid 0,45	0	0							
G45 285 plid	431,863	431,863							
G46 285 lid 0,45 cork	0	0							
G47 285 lid 0,35 cork	179,995	179,995							

Kuva 11. RFC1-taulukko

RFC-taulukoihin lisättiin suorat hakuviittaukset toteutuneihin myynti-, tuotanto- ja varastolukemiin PSI-taulukoiden muihin osioihin, joten tietoja ei tarvitse syöttää käsin.

### 6.3 Viikkosuunnitelma ja vuosihuoltosuunnitelma

Yrityksessä oli olemassa viikkosuunnitelmapohja, jota ei kuitenkaan ollut vielä täysin hyödynnetty käytännössä. Viikkosuunnitelmapohjassa on viikkokohtaiset taulukot kullekin tuotantolinjalle, ja jokaisessa taulukossa on myös linjakohtaiset pudotusvalikot, joilla voidaan manuaalisesti allokoida kukin ajankohta päivästä halutulle toiminnoille. Lisäksi kullekin toimintoryhmälle on määritetty ehdollisen muotoilun avulla väri selkeämmän havainnollistamisen vuoksi, esim. kaikki tuotantoon viittaavat tietueet näkyvät vihreänä, työkalunvaihto sinisenä sekä henkilöstövaje punaisena. Kuvassa 12 on esimerkki viikkosuunnitelmataulukosta.

Week	9				
CN 01 164	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
QTY / DAY	0	0	0	0	0
7-11	99	99	Diam change	No demand	105
11-15	99	99	105	No demand	105
15-19	99	99	105	No demand	105
19-23	99	99	105	No demand	105
People on line					
No scheduled maintenance					
CN 02 166	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
QTY / DAY	0	0	0	0	0
7-11					
11-15					
15-19					
19-23					
People on line					
No scheduled maintenance					

Kuva 12. Viikkosuunnitelmapohja

Tehtaan ja tuotannonsuunnittelun välisen kommunikaation parantamiseen kehitetty viikkosuunnitelmapohja päätettiin yhdistää vuosihuoltosuunnitelmaan funktion siten, että kunkin linjan viikkoaikataulu etsii automaattisesti linjatunnuksen ja viikkonumeron perusteella toisella välilehdellä olevasta vuosihuoltosuunnitelmasta tiedon siitä, onko kyseiselle linjalle merkitty sille viikolle suunniteltua tai vahvistettua huoltoa. Aikaisemmin vuosihuoltosuunnitelmassa käytettiin x-merkintää suunnitellulle huollolle ja tämän jälkeen solun taustaväriin perusteella määriteltiin huollon etenemisvaihe. Excel-funktion avulla ei kuitenkaan voida erotella suunniteltuja ja vahvistettuja huoltoja pelkän solun taustaväriin perusteella, vaan tähän tarvittaisiin Visual Basic -ohjelmointia. Tämän vuoksi päätettiin erotella suunniteltu ja vahvistettu huolto solun väriin lisäksi

myös merkinnällä, siten että suunniteltu huolto merkitään o:lla ja vahvistettu huolto x:llä. Tällöin saadaan siirrettyä viikkosuunnitelmaan yksiselitteinen tieto huollon ajankohdasta.

Excelin ehdollinen muotoilu on ominaisuuksiltaan ja toiminnoiltaan hieman rajallinen, mikä aiheutti muutamia ongelmia. Viikkosuunnitelmataulukkoon tuli lisätä "testisolu", joka hakee tiedon huollosta vuosihuoltotaulukosta, koska Excel ei salli ehdollisen muotoilun viittausta toiseen välilehteen, ja täten kyettiin kiertämään kohdattu ongelma. Testisolu hakee JOS-funktion avulla tiedon vuosihuoltosuunnitelmasta, ja mikäli linjalla on vahvistettu huolto kyseisellä viikolla, testisolussa lukee "Maintenance". Muutoin solussa on teksti "No scheduled maintenance".

Tämän jälkeen testisoluun liitettiin ehdollinen muotoilu siten, että kun se palauttaa arvon "Maintenance", koko linjataulukko muuttuu violetiksi, joka on huollolle määritelty väri. Kun testisolu palauttaa arvon "Unconfirmed Maintenance", muuttuu taulukko keltaiseksi kuvan 13 mukaisesti.

Week	1				
<b>CN 01 164</b>	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
QTY / DAY	0	0	0	0	0
7-11					
11-15					
15-19					
19-23					
People on line					
Maintenance					
<b>CN 02 166</b>	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
QTY / DAY	0	0	0	0	0
7-11					
11-15					
15-19					
19-23					
People on line					
Unconfirmed Maintenance					

Kuva 13. Viikkosuunnitelman huoltovaraukset

Viikkosuunnitelma otettiin käyttöön myös tehtaan puolella ja se käydään viikoittain läpi tehdastiimin aamupalaverissa.

## 7 Päätelmät

Työn tavoitteena oli mahdollisuuksien mukaan selvittää, millä keinoin voitaisiin parantaa Crown Pakkaus Oy:n kunnossapidon ja tuotannonohjauksen välistä tiedonsiirtoa ja -käsittelyä sekä edesauttaa kunnossapitotoimenpiteiden sijoittumista tuotantoaikatauluihin. Yrityksessä käytettävät erilliset tietojärjestelmät aiheuttavat ylimääräistä työtä tietojen kokoamiseen ja siirtelyyn kuluvan ajan vuoksi. Excel-pohjainen tietojen kokoaminen on laajalti käytetty mutta hieman joustamaton ratkaisu. Kerätty tieto tulee usein käsitellä Excel-funktioiden kannalta ymmärrettävään muotoon, joka vie myös aikaa.

Ratkaisuksi saatu hakufunktioratkaisu hakee tiedon automaattisesti, mikä osaltaan pienentää inhimillisen virheen todennäköisyyttä. Yrityksen nykyisen tietojärjestelmä-rakenteen vuoksi kokonaisvaltaisempaa ratkaisua ei voida toteuttaa investoimatta uuteen järjestelmään, joka huomioisi kaikki ongelmia aiheuttavat osa-alueet.

Hakufunktio-ominaisuutta hyödynnettiin myös viikkosuunnitelmataulukon kehittämisessä. Käyttöön otettu viikkosuunnitelmataulukko parantaa toivottavasti tiedon kulkua eri toimintojen välillä. Hienokuormituksen graafinen havainnollistaminen viikoittaisessa palaverissa sekä taulukon riittävä päivittäminen yrityksen verkkoasemalle tuovat tiedon kuormituksesta kaikkien saataville. Lisäksi linjahuoltojen automaattinen haku suunnitelmaan helpottaa taulukon päivitystä ja havainnollistaa jo etukäteen linjan käytettävyyttä.

## Lähteet

- 1 Ritvanen, V. Inkiläinen, A. von Bell, A. & Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Helsinki: Suomen Huolintaliikkeiden liitto ry; Suomen Osto- ja Logistiikkayhdistys LOGY ry.
- 2 Hill, Terry. 2005. Operations Management. New York, USA: Palgrave Macmillan.
- 3 Stadtler, H. 2008. Supply Chain Management and Advanced Planning. Berliini, Saksa: Springer.
- 4 Stevenson, W. 2007. Operations Management. New York, USA: McGraw-Hill/Irwin.
- 5 Lapinleimu, I. Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.
- 6 PSK 6201. Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. 2011. 3. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.
- 7 Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito - tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-Media Oy.
- 8 Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.
- 9 Toimintakäsikirja. 2010. Versio 10. Helsinki: Crown Pakkaus Oy.
- 10 Annual Report. 2012. Verkkodokumentti. Crown Holdings, Inc. <<http://investors.crowncork.com/phoenix.zhtml?c=85121&p=irol-reports>>. Luetu 29.01.2014.