

## Konepajan kehittäminen Teollisuus 4.0:n keinoin

Teollisuus 4.0 tarkoittaa sitä teollisen kehityksen vaihetta, jossa on tunnistettavissa seuraavia piirteitä: yhteiskäyttöisyyttä (*Interoperability*), digitaalisia malleja (*Virtualization*), hajauttamista (*Decentralization*), tosiaikaisuutta (*Real-Time Capability*), palveluajattelua (*Service Orientation*) ja mivaihtokelpoisia osakokonaisuuksia (*Modularity*). Esittelen tässä artikkelissa; miten konepajan pitäisi lähestyä ajatusta siirtymisestä Teollisuus 4.0 mukaiseen toimintatapaan.

### Tiedon yhteiskäyttöisyys

Nykytilanteessa on selvästi havaittavissa, että yrityksissä on paljon erilaisia tietojärjestelmiä hoitamassa erilaisia tehtäviä. On joustavaa valmistusjärjestelmää (FMS), on valmistuksen toteutusjärjestelmiä (MES), on valmistusprosessien suunnittelu (PPS) ja ohjausjärjestel-

miä (MCS), on toiminnanohjausjärjestelmiä (ERP), on asiakastietojen ja myynnin tukijärjestelmiä (CRM) ja niin edelleen. Yleensä nämä on yritykseen hankittu pitkän ajan kuluessa ja niihin on kertynyt paljon tietoa.

Tiedon yhteiskäyttöisyyden ensimmäisenä perusedellytyksenä on tietojen merkityksien yhtenäinen ymmärtäminen ja kuvaaminen, mikä

johtaa yhteiseen tietomalliin. Tämän vuoksi siirtyminen digitaaliseen tiedonhallintaan onkin aloitettava yrityksen kaikkien tietojärjestelmien käsittelemän tiedon eheyttämisestä.

Sitten kun yrityksessä on kaikkien järjestelmien tiedot kuvattu yhtenäisesti, on vuorossa niiden eheyttäminen eri osajärjestelmissä. Tämä on tehtävä, vaikka työ

tuntuukin alussa ylivoimaiselta.

Tietojen käsittelyn esteenä on yleisesti sen hajanaisuus, joka vaikeuttaa yhteiskäyttöisyyttä. Ohjelmistoyritykset rakentavat mielellään asiakaskohtaisia ratkaisuja, joiden liitettävyys toisiin järjestelmiin on usein onneton. Kun tietoa siirretään järjestelmästä toiseen, on huolehdittava, ettei tiedon merkitys muutu siirron aikana. Saattaa olla, ettei kohdejärjestelmän tarvitsemaa tietoa löydy sinällään yhdestäkään lähdejärjestelmästä ja se on muodostettava useista yksittäisistä tiedoista.

Eheyttäminen voidaan saavuttaa myös siten, että eri osajärjestelmässä oleva tieto muutetaan kerralla yhteisen tietomallin mukaiseksi käyttämällä muunnosmalleja ja -ohjeita.

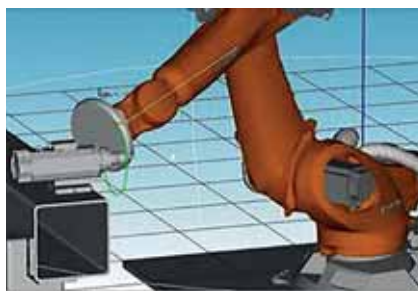
Kun eheyttäminen on saatu päätökseen, tuloksena on sisällöltään yhtenäinen tietojärjestelmäkokonaisuus, jossa kaikki osajärjestelmät toimivat käytännöllisesti ja tehokkaasti yhteen. Tiedot siirtyvät järjestelmistä toiseen kitkatta ja virheettömästi.

## Digitaaliset mallit

Teollisuus 4.0 vaiheessa yrityksen tietojärjestelmissä olevaa tietoa voidaan esittää monella eri tavalla esimerkiksi taulukoina, animaatioina, prosessimalleina, tehdasmalleina ja laitemalleina. Kun tietojärjestelmän sisällä on tarpeeksi tietoa, niin sitä voidaan käyttää digitaalisen kaksosien muodostamiseen. Tämä tarkoittaa sitä, että tietojärjestelmässä olevan tiedon perusteella voidaan muodostaa toiminnallisia vastineita todellisen maailman tapahtumaketjuille tai laitteille. Digitaalisia kaksosia voidaan hyödyntää monella tavalla.

Tehtaasta voidaan tehdä kolmiulotteinen digitaalinen geometria ja grafiikkamalli, jonka eri kohteet toimivat tietojärjestelmän tulevien tietojen mukaisesti. Näin päästään havainnollistamaan käyttäjille, mitä tehtaalla tapahtuu tosiajassa tai simulaatiossa. Simulaatiossa digitaalinen kaksonen ei toimi tehtaan tosiaikaisten tietojen pohjalta vaan simulaatiota varten muodostettujen tietojen pohjalta. Nämä simulaatiotiedot voivat myös perustua tosiaikaisten tietojen tallenteisiin.

Valmistusprosessien ja menettelmien suunnittelussa käytetään



KUKA-robotin simulaatiomalli.

paljon laitteiden 3D-malleja. Esimerkiksi roboteista, työstökoneista, manipulaattoreista ja nostureista on olemassa toiminnallisia 3D-malleja (digitaalisia kaksosia).

## Hajautuminen

Tiedon hajautuminen on selvä tosiasia nykymaailmassa. Meillä useimmilla on mukana tietojenkäsittelylaite, jossa on pieni tietokone. Se on langattomasti yhteydessä tukiasemiin ja sitä kautta internet-verkkoon. Yleisesti määräävän aseman saavuttanut tiedonsiirtotapa TCP/IP tarjoaa yhtenäisen tavan tietojen siirtämiseen paikasta toiseen. Useimmat automaattiset laitteet, kuten ilmaisimet, kamerat, mikrofonit ja anturit tuoppaavat digitaalista tietoa valtavia määriä ja suurella nopeudella. Ne ovat massatietolähteitä. Näin tietoa tulee käsiteltäväksi hajatusista lähteistä moninaisissa muodoissa.

## Hajauttaminen

Nykyinen tiedonsiirtotekniikka mahdollistaa sen, että yrityksen sisällöltään yhtenäisen tietovaraston ei tarvitse sijaita yhdessä paikassa. Tieto voidaan hajauttaa yrityksen eri toimipisteisiin ympäri maapalloa ja kuitenkin se on kaikkien tarvitsijoiden saatavilla alle sekunnin viiveellä. Yrityksen kannattaakin ottaa miettään, miten se voi hyödyntää tätä hajauttamisen mahdollisuutta. Yksi esimerkki on hajautetun valmistuksen yhteiskäyttö. Jos yrityksen tuotteiden osia voidaan tuottaa eri toimipisteissä, on toki järkevää tehdä työnjakoa, jolloin voidaan toimia kokonaisuudessaan tehokkaammin.

Hajautumisen hallinnan on toimittava myös paikallistasolla. Tämä tarkoittaa valmistuksen eri järjestelmien syntyvien ja niissä hallittavien tietojen yhteistoiminnan tehokasta hallintaa. Parhaiten tämä onnistuu

käyttämällä tuottaja – kuluttaja tai palvelun tarjoaja – palvelun käyttäjä mallia. Eri järjestelmien välille on rakennettava kokonaisuutta palvelevia rajapintoja.

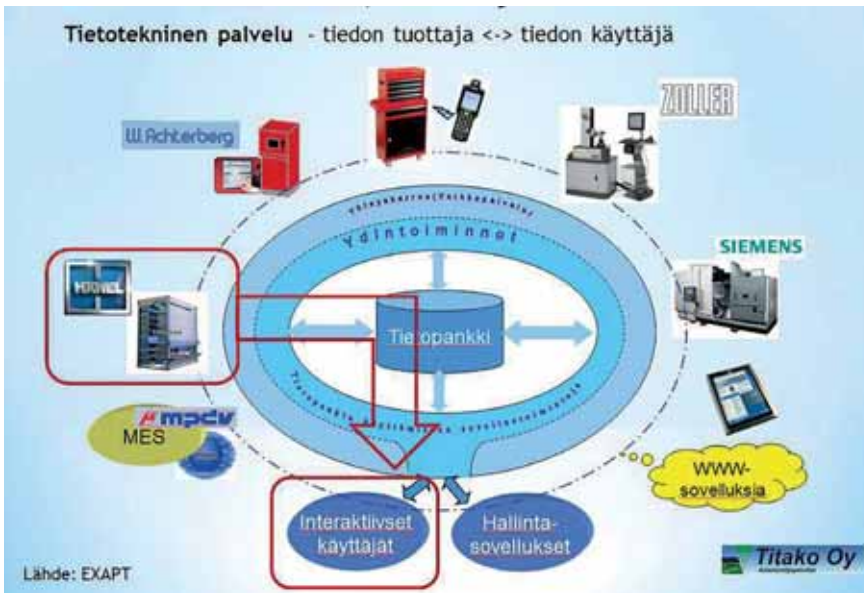
## Tosiaikaisuus

Tosiaikaisuus on vanha termi. Se kuvaa hyvin sitä, että tiedon syntymisen ja sen hyödyntämisen välinen aika on erittäin lyhyt. Vaikka nykyinen tiedonsiirto on erittäin nopeaa, niin silti on oltava tarkkana ja huolehdittava siitä, ettei tosiaikaisuus aiheuta isompia ongelmia. Tätä varten on luotava etuoikeus käytäntöjä, lokimerkintöjä ja tiedonsiirtoportteja. Etuoikeuskäytännöstä olkoon esimerkkinä tuotesuunnittelutiedon noutaminen yhteisestä tietopankista. Kun käyttäjä noutaa vaikkapa osakokoonpanon tiedot pankista, niin pankki estää muiden pääsyn kyseiseen tietoon vahingossa. Toki tietoa noutavan käyttäjän on oltava "pankin asiakas" eli hänellä on nosto-oikeus kyseiseen tietoon. Kun käyttäjä tekee "noston", se merkitään kirjanpitoon asianmukaisella tavalla. Samoin tiedon palauttamisessa on oma käytäntönsä. Toinen esimerkki tosiaikaisuudesta on junaliikenteen valvonta ja ohjaus. Tietojärjestelmät valvovat jatkuvasti junien sijaintia ja ilmoittavat junien ohjaukselle jatkuvasti liikennetilanteesta ajettavan junan reitillä. Näin kuljettaja voi tehdä muutoksia ajoonsa tilanteen mukaisesti. Samaan aikaan junien kulun valvonta vahtii, ettei kuljettaja vahingossa riko turvallista ajotapaa vastaan (ei aja liian lujaa vaihteeseen tai päin punaisia valoja).

Samalla tavalla konepajan verssaalla työstökoneet valvovat karanopeutta, tehon kulutusta, lämpötilaa ja öljyn painetta sekä virtausta. Jos valvontarajat ylittyvät työstökoneen liike pysäytetään ja kenties myös työkalun ja työkappaleen pyörittäminen lakkaa. Toki vikatilanne syyttää koneen punaisen valon ja laittaa koneen käyttäjälle vikaviestin kännykkään. Tosiaikaisuus on siis mahdollisuus ja uhka samalla kertaa.

## Palveluajattelu

Tietojen synty, käsittely ja poisto on hajautuneena useaan paikkaan, jolloin sen käyttäminen vaatii tiedon siirtämistä. Tässä herää kysymys: kuka



## Vaihtokelpoiset osakokonaisuudet

Vaihtokelpoisten osakokonaisuuksien miettiminen alkoi autoteollisuudesta Fordin tehtailta. Oli aika hankalaa, kun linjalta valmistui aina hieman erilaisia auton runkoja ja ovia. Sitten molempia oli kokoonpanohallissa paljon ja kokoonpanijat kulkivat ovi kinalossa autolta toiselle etsien sopivuutta. Toki myös varaosapuolella aina erilaiset varaosat teettivät töitä kyläsepillä, jotka maksusta sovittivat varaosia asiakkaiden autoihin. Nyt monet yritykset ovat lähteneet myös tuotteidensa suunnittelun osalta etsimään ratkaisuja, joissa vaihtokelpoisuus voitaisiin toteuttaa.

## Lisäarvoa kehittämällä

Tietojärjestelmät koostuvat ohjelmistoista, jotka on tehty aina tietyn tehtävän hoitoa ajatellen. Samalla tavalla kuin muussa teollisuudessa ne eivät yleensä ole yhteensopivia toisen toimittajan ohjelmistojen kanssa. Konepajan kannalta käyttöölyttymän erilaisuudella ei oikeastaan ole suurtakaan merkitystä, jos ohjelmistojen käyttämä tietomalli on yhtenäinen. Kun tietomalli on yhtenäinen, voidaan eri sovelluksia kehittää toisistaan riippumatta ja vanhoja korjata, muuttaa tai korvata uusilla paremmilla.

Tietomalli ja siihen tehtävät liitospinnat (rajapinnat) suojaavat koko tietojärjestelmää pirstaloitumiselta. Vanhat ja uudet sovellukset toimivat

Tietojen synty, käsittely ja poisto ovat hajautuneena useaan paikkaan, jolloin sen käyttäminen vaatii tiedon siirtämistä. Kuka tai mikä syntynyttä tietoa ja kuka sitä todella tarvitsee?

tai mikä syntynyttä tietoa ja kuka sitä todella tarvitsee? Tähän auttaa palveluajattelu. Meillä on siis tiedon tarjoaja ja sen kuluttaja. Mitä tietoa siirretään ja missä muodossa määräytyy tarpeen mukaan. Esimerkiksi valmistuksen ohjausjärjestelmä tarvitsee ne tiedot, jotka jonkin kappaleen tai osan valmistamiseen tarvitaan: työkalut, aiheet, valmistusprosessin tiedot, osallistuvien työstökoneiden tiedot, valmistustilauksen, työkaluvastotilanteen ja esiasettelutilanteen.

Aika monta tietolähdettä ja -varastoa tarvitaan kaikkien tietojen

saamiseksi ja ne ovat hajallaan eri osajärjestelmissä. Tässä auttaa palveluajattelu, Valmistuksen ohjausjärjestelmässä on "resepti", jonka mukaan se "tilaa" osajärjestelmiltä tarvitsemansa tiedot. Sitten se tarkastaa tietosisällöt. Jos tiedoista selviää, että valmistuksessa tarvittavia resursseja puuttuu, se tekee tarvittavat tilaukset vaikkapa ostojärjestelmälle. Tällöin se on palvelun käyttäjä ja lähettää viestin palvelun tarjoajalle. Myöhemmin varastojärjestelmä saattaa lähettää tiedon, että resurssit ovat saapuneet varastoon.



Digitaaliset kaksoiset – fyysisen maailman kohteiden ja tapahtumaketjujen (prosessit) vastineet digitaalisessa muodossa.



Koneen käyttäjää on kiinnostanut seuraavan työn työstötapahtumien tarkastelu jyrskineella.

kauniisti yhteen. Tämän päälle voidaan rakentaa eri tarpeisiin soveltuvia ja uutta liiketoimintaa tukevia ratkaisuja – vaikkapa koko verssaan toiminnallinen simulointimalli.

Onko se nyt sitten niin vaikeaa kehittää toimintaa digitalisaation maailmassa? Ei ole ja kehittämisen tulokset antavat uusia mahdollisuuksia, joilla voidaan parantaa tuottavuutta ja lisäarvoa omille tuotteille.

### Älykkään tehtaan luominen

Käytän tässä viitekehyksenä ruotsalaisen FAG:n tarinaa. FAG tekee voimansiirtoelementtejä. Se on tunnettu laakereistaan. Monia vuosia FAG:n kehittämistä tehtiin parantamalla yksittäisten tuotteiden valmistusmenetelmiä ja toimitus-

ketjua. Tätä tehtiin pitkään, kunnes huomattiin, että tällä tavalla yritys ei enää pystynyt parantamaan toimintaansa huomattavassa määrin – oli tehtävä jotain ihan muuta.

Sitten lähdettiin katselemaan, miten erilaiset tekniikat ja toimintatavat ovat muuttumassa. Tämän tuloksena yrityksessä alettiin tarkastella toimintaa kysymysten avulla:

- Mitä tarjoamme?
- Mitä ratkaisemme?
- Miten sen valmistamme?
- Missä valmistamme?
- Milloin valmistamme?
- Mitä valmistimme? ja
- Mitä toimitimme?

Näiden kysymysten avulla tunnistettiin erilaisia toimintaketjuja

ja niiden tietojärjestelmiä (CRM, PLM, ERP, MES,..). Sitten tarkasteltiin miten nämä järjestelmät tuottavat ja jalostava tietoa sekä palvelevat toisiaan. Tämä harjoitus auttoi ymmärtämään yrityksen sisäistä toimintaa sekä tietojen käsittelyn tarpeita ja kehityskohteita.

Samalla herättiin ”uuteen” ajatukseen – yrityksen toimintaa pitää ohjata vahvemmin TIEDOLLA.

Tiedolla johtamiseen tarvitaan tietoa, jolla on merkitystä kehittymisen kannalta. Erilaiset anturit keräävät raakatietoa, joka pitää jalostaa ja jatkojalostaa, kunnes sillä on merkitystä kehitykselle. Tässä kuvaan astuvat ns. digitaaliset kaksoset – eli fyysisen maailman kohteiden ja tapahtumaketjujen (prosessit) vastineet digitaalisessa muodossa.

Raakatiedon kerääminen tapahtuu hajautetusti. Eri lähteistä kerätään tietoa, joka sitten yhtenäistetään ja yhdistetään. Tietoa voi tulla antureista, sensoreista, lukijoista, ihmisen tuottamana ja vaikkapa markkinoinnin tuki – tai toiminnanohjausjärjestelmästä.

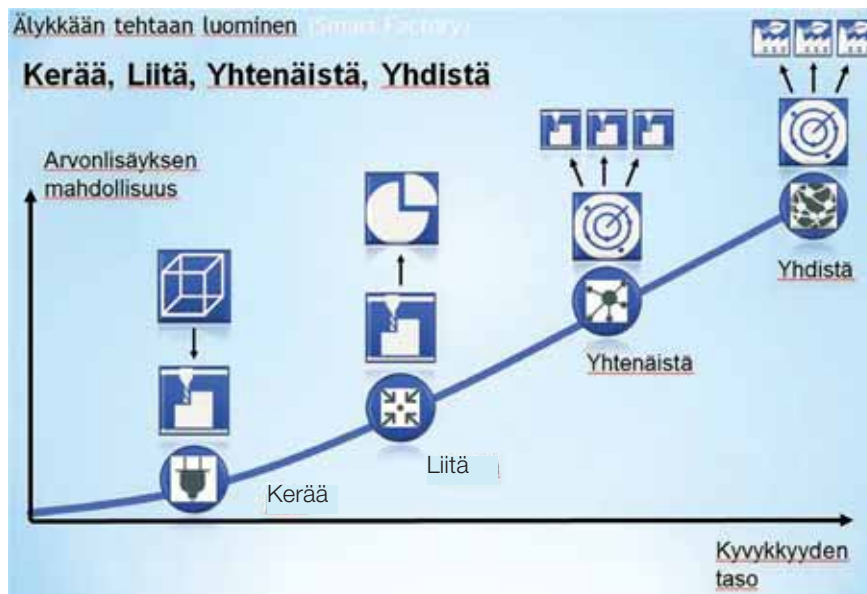
Yhtenäistettyä ja jalostettua tietoa voidaan käyttää eri tarkoituksiin. Se voidaan esittää vaikkapa lisätyn todellisuuden keinoin tuotantovastavalle, kun hän kävelee tuotantotiloissa. Tietoa voidaan automaattisesti tarjota vaikkapa huoltovälien hallintasovellukselle, joka muuttaa huolto-ohjelmaa tilannetietojen perusteella.

Jalostettua tietoa voidaan jäsenellä ja yhdistellä halutulla tavalla. Sen perusteella voidaan esimerkiksi tehdä ”ennustavia” esityksiä siitä, miten toiminta kehittyy seuraavan 6 kuukauden aikana. Jalostettu tieto antaa myös jälkilaskentatietoa vaikkapa työkalujen teräpalojen kulukselta. Jalostettua tietoa voidaan myös käyttää tulevien investointien suunnitteluun käyttämällä simulointia apuna.

Verstaan toimintaa voidaan tarkastella Digitaalisten kaksosten avulla eri tasoilla.

Kerättävän tiedon käytön kehittäminen lisää huomattavasti yrityksen kykyä luoda lisäarvoa. Tiedolla ohjaaminen vaikuttaa monella taholla ja yhteisvaikutus on erittäin huomattava.

SKF:n kehitysjohtaja näkee asian siten, että sellaiset yritykset jotka ottavat tästä kaiken hyödyn irti, ovat uuden ”kultaryhtäyksen” ovella ja tulevaisuudessa kilpailun voittajia. ■



Arvonlisäys saadaan tietojen yhtenäistämällä ja yhdistämällä.