



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

TUOTANTOTALOUDEN KOULUTUSOHJELMA

Innovaatio- ja teknologiajohtaminen

Teollinen internet ja sen mahdollisuudet sekä haasteet paperikoneliiketoiminnassa

**Industrial internet and its opportunities and
challenges in the paper machine business**

Kandidaatintyö

Mikko Ritala

Miska Valkonen

TIIVISTELMÄ

Tekijät: Mikko Ritala ja Miska Valkonen	
Työn nimi: Teollinen internet ja sen mahdollisuudet sekä haasteet paperikoneliiketoiminnassa	
Vuosi: 2017	Paikka: Lappeenranta
Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalous. 42 sivua, 9 kuvaa ja 4 taulukkoa Tarkastaja(t): Lea Hannola	
Hakusanat: Teollinen internet, Asioiden Internet, Big Data, paperikoneliiketoiminta, Valmet, Teollinen asioiden internet, Industry 4.0	
Keywords: Industrial Internet, Internet of Things, Big Data, Paper machine business, Valmet, Industrial Internet of Things, Industry 4.0	
<p>Työn tavoitteena on antaa lukijalle selkeä ja kokonaisvaltainen käsitys teollisesta internetistä ja siihen läheisesti kytköksissä olevista termeistä sekä ilmiöistä. Työssä perehdytään siihen, kuinka teollista internetiä on hyödynnetty nykypäivänä sekä mitä haasteita ja mahdollisuuksia teollisen internetin käyttöönotossa voi ilmetä. Haasteita ja mahdollisuuksia tarkastellaan erityisesti paperikoneliiketoiminnan näkökulmasta. Työ on toteutettu Valmetin toimeksiannosta, minkä johdosta työssä keskitytään paperikoneliiketoiminnan näkökulmaan.</p> <p>Työssä on hyödynnetty Valmetilta saatua tietoa, tieteellistä kirjallisuutta sekä artikkeleita. Teollinen internet on digitalisaation aikakaudella syntynyt termi, minkä johdosta julkista tietoa teollisen internetin soveltamisesta paperikoneliiketoimintaan on erittäin rajallisesti saatavilla. Kirjallisuuskatsaus ja aihetta konkreettisesti käsittelevä case muodostavat yhdessä helposti ymmärrettävän ja selkeän kokonaisuuden aiheesta.</p>	

Teollisen internetin haasteina voidaan pitää muun muassa työvoiman osaamisen puutetta, infrastruktuurista aiheutuvia kustannuksia sekä sopivien liiketoimintamallien puuttuminen. Paperikoneliiketoiminnassa koneen eri prosesseista on kerätty dataa jo vuosikymmeniä, mutta datan hyödyntämisessä voidaan vielä kehittyä. Suurin hyöty teollisen internetin käyttöönotolla on liiketoiminnan tuottaman ja asiakkaan kokeman lisäarvon kasvattaminen. Lisäarvoa voidaan kasvattaa paperikoneliiketoiminnassa esimerkiksi koneen energiatehokkaampana käyttönä, ehkäisemällä vikatilanteita sekä toteuttamalla erilaisia palveluita internetin välityksellä.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Työn tausta.....	1
1.2	Tavoitteet.....	3
1.3	Työn rajaus ja tutkimuskysymykset	3
1.4	Työn menetelmät ja rakenne	4
2	MITÄ ON TEOLLINEN INTERNET?	5
2.1	Internet of Things.....	8
2.2	Industry 4.0.....	9
2.3	Big Data.....	12
2.4	Kestävä kehitys ja tuotteen elinkaaren hallinta	13
2.5	Arkkitehtuurirakenteet.....	14
3	MAHDOLLISUUDET JA HAASTEET.....	18
3.1	Teollisen internetin mahdollisuudet	18
3.1.1	Käyttöönoton ajurit	19
3.1.2	Kustannussäästöt.....	21
3.1.3	Asiakashyödyt.....	22
3.2	Teollisen internetin haasteet.....	24
3.2.1	Käyttöönoton haasteet	24
3.2.2	Tietoturvallisuus	25
4	VALMET JA TEOLLINEN INTERNET	28
4.1	Valmet yrityksenä	28
4.2	Teollinen internet paperikoneliiketoiminnassa	29
4.2.1	Andritz ja Voith.....	30
4.2.2	Valmet.....	33
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	35
	LÄHTEET	38

LYHENTEET

API	Application Programming Interface. Ohjelmointirajapinta
AR	Augmented reality. Lisätty todellisuus
CPPS	Cyber-Physical Production System. Älykkäät tuotantoverkostot
CPS	Cyber-Physical System. Älykkäät verkostot
COA	Cloud-Oriented Architecture. Pilvikeskeinen arkkitehtuuri
IIoT	Industrial Internet of Things. Teollinen asioiden internet
IoT	Internet of Things. Asioiden internet
RFID	Radio Frequency Identification. Radiotaajuinen tunnistusmenetelmä
PLM	Product Lifecycle Management. Tuotteen elinkaaren hallinta
PSS	Product-Service System. Tuotteen ja palvelun integraatio
TI	Teollinen Internet
WSN	Wireless Sensor Network. Langaton sensoreiden verkko
SOA	Service-Oriented Architecture. Palvelukeskeinen arkkitehtuuri
CL2M	Closed-loop Lifecycle Management. Suljetun kierron elinkaaren hallinta

1 JOHDANTO

“The goal is to turn data into information, and information into insight” - Carly Fiorina, Former CEO of HP (Hewlett-Packard 2004).

Paperikoneiden myyntiin ja huoltoon perustuva liiketoiminta kehittyy jatkuvasti. Jalkapallokentän kokoisen koneen komponentit räätälöidään asiakkaan tarpeen mukaisesti juuri oikean kokoiseksi. Nykyaikaisissa paperikoneissa pyritään hyödyntämään modulaarisuutta mahdollisimman kustannustehokkaan ratkaisun löytämiseksi. Teknologian kehittyessä ja asiakkaan vaatimusten kasvaessa paperikoneista on kehitetty energiatehokkaampia, tuottavampia ja laadukkaampia. Paperikoneista pyritään kehittämään älykkäämpiä mahdollisimman suuren lisäarvon tuottamiseksi asiakkaalle. Tuhannet sensorit mittaavat paperikoneen jokaista liikettä reaaliaikaisesti ja näiden sensorien tuottaman datan perusteella voidaan muun muassa arvioida paperin laatua ja tarkkailla paperikoneen eri komponenttien toimintaa.

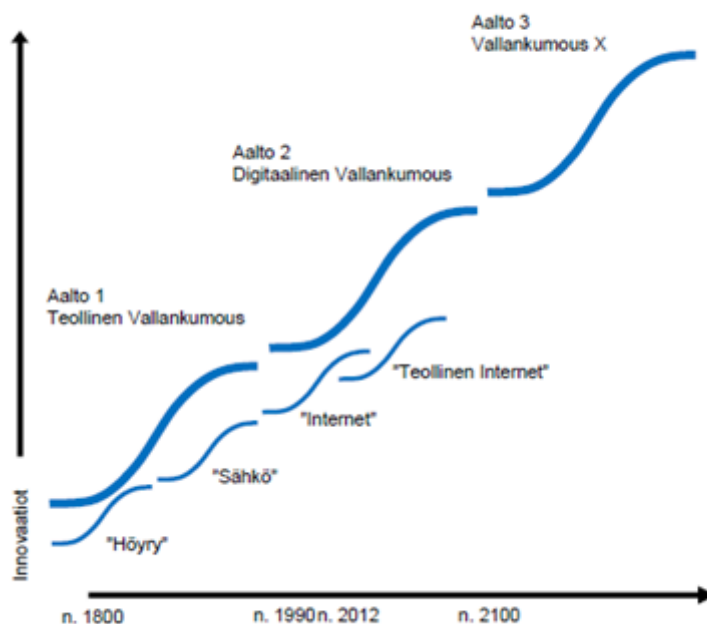
Asiakkaalle ja yritykselle tuotettua lisäarvoa voidaan kasvattaa hyödyntämällä teollista internetiä (TI). Internetin ja teknologian kehitys mahdollistaa paperikoneesta saatavan datan reaaliaikaisen monitoroinnin ja tehokkaan analysoinnin jopa toiselta puolelta maailmaa. Ennakoivat hälytys- ja ilmoitusjärjestelmät ovat jo liitettyinä paperikoneisiin, mutta alalla on vielä varaa kehittyä. Suurimmat toimijat alalla painivat teollisen internetin hyödyntämiseen liittyvien haasteiden parissa ja pyrkivät kehittämään kehittyneempiä järjestelmiä ja sovelluksia.

1.1 Työn tausta

Tutkimusongelman valinta sai alkunsa tekijöiden henkilökohtaisesta mielenkiinnosta aihealuetta kohtaan sekä Valmetin toimeksiannosta. Teollista internetiä pidetään yhtenä merkittävimmistä digitalisaation ilmiöistä. Teollisen internetin hyödyntäminen sisältyy usean yrityksen strategiaan. Googlen itsestään ajavat autot, General Electricin täysin digitaalisesti mallinnetut voimalaitokset sekä Philipsin “Lights-Out-tehtaat” hyödyntävät kaikki teollista internetiä ja sen sovelluksia (Assembly 2012). “Lights-Out”

valmistaminen, eli valmistaminen täysin ilman työvoiman läsnäoloa on kasvava trendi työvoiman kallistuessa kehittyvissä talouksissa. Tätä valmistusmenetelmää hyödyntää myös Philipsin lisäksi japanilainen FANUC, jonka tehtaassa robotit valmistavat robotteja kaksikymmentäneljä tuntia vuorokaudessa täysin ilman työvoiman läsnäoloa (Redshift 2015).

Paperikoneiden toimittajilla on tärkeä ja keskeinen haaste edessään, teollisen internetin esiinmarssi on alkanut ja seuraavat vuodet tulevat todennäköisesti vaikuttamaan merkittävästi alan tulevaisuuteen ja jopa yritysten rakenteisiin. Päästäkseen digitaalisen vallankumouksen harjalle yritysten on omaksuttava teollinen internet osaksi toimintaansa. Alla olevassa kuvassa 1 on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen näkemys innovaatioiden synnystä aikajärjestyksessä. Tällä hetkellä käyrällä ollaan menossa digitaalisen vallankumouksen puolella välissä ja teollisen internet on juuri ottamassa tuulta alleen (Juhanko et al. 2015).



Kuva 1. Digitalisaatio on kolmas teollinen vallankumous (Juhanko et al. 2015. s.11).

1.2 Tavoitteet

Paperikoneliiketoiminnalle teollinen internet on synnyttänyt runsaasti mahdollisuuksia ja haasteita. Tämän kandidaatintyön tavoitteena on perehdyttää lukija teolliseen internetiin, siihen läheisesti liittyviin käsitteisiin sekä teollisen internetin mahdollisuuksiin ja haasteisiin paperikoneliiketoiminnan näkökulmasta. Tarkoituksena on kartoittaa nykyaikaiset keinot sekä pohtia mahdollisesti vielä löytämättömiä tapoja, mitä mahdollisuuksia teollinen internet tuo yrityksille. Teollisesta internetistä on lukuisia tutkimuksia, mutta tietoa sen soveltamisesta paperikoneliiketoimintaan on hyvin vähän ja julkisia tieteellisiä tutkimuksia ei ole saatavilla. Tämän vuoksi työ tarjoaa lukijalle useasta lähteestä koottua tiivistä kokonaisuutta TI:stä sekä sen hyödyntämisestä paperikoneliiketoiminnan näkökulmasta.

1.3 Työn rajaus ja tutkimuskysymykset

Paperikoneliiketoiminnalla tarkoitetaan paperikoneiden toimittamiseen, huoltoon ja kehittämiseen erikoistuneita yrityksiä ja näiden yritysten toimintaa. Työn ulkopuolelle rajataan syvälinen perehtyminen paperikoneisiin sekä niiden toimintoihin. Työssä käsitellään teolliseen internetiin läheisesti liittyviä ilmiöitä ja termejä kuten Internet of Things (IoT), Industry 4.0, Big Data, Product Lifecycle Management (PLM) sekä yrityksille mahdollisia TI:tä hyödyntäviä arkkitehtuurirakenteita. Työssä pyritään löytämään vastaukset seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitä on teollinen internet ja miten sitä on hyödynnetty paperikoneliiketoiminnassa tähän mennessä?
2. Mitkä ovat teollisen internetin mahdollisuudet ja haasteet paperikoneliiketoiminnassa?

Kandidaatintyön pituuden rajauksen sekä TI:n laajuuden ja monimuotoisuuden johdosta työssä pyritään keskittymään paperikoneliiketoiminnalle olennaisiin TI:n sovelluksiin, mitä käsitellään myöhemmin työssä.

1.4 Työn menetelmät ja rakenne

Työn pääpaino on teollisen internetin kirjallisuuskatsaus. Työssä on myös case osuus, missä hyödynnetään kirjallisuuskatsauksessa käsiteltyjä asioita paperikoneliiketoimintaan. Työn lähteinä on käytetty paperikonetoimittajien ulkoisia kanavia, tuoreinta kirjallisuutta sekä artikkeleita yhdistäen ne kiinnostavaksi ja helposti ymmärrettäväksi kokonaisuudeksi.

Työ on rakennettu loogisesti eteneväksi niin, että lukija saa selkeän käsityksen teollisesta internetistä ja siihen läheisesti liittyvistä termeistä. Tämän jälkeen lukijan on helppo ymmärtää työn soveltava case osuus, missä käsitellään teollisen internetin mahdollisuuksia ja haasteita paperikoneliiketoiminnan näkökulmasta. Case käsittelee sitä, kuinka Valmet sekä muut alan kilpailijat hyödyntävät teollisen internetin mahdollisuuksia. Työ lopetetaan selkeisiin johtopäätöksiin, missä käydään läpi kirjallisuuskatsauksessa esille tulleet pääasiat sekä tärkeimmät huomiot casesta.

2 MITÄ ON TEOLLINEN INTERNET?

Teollisen internetin taustalla on kolme megatrendiä: globalisaatio, digitalisaatio ja kaupungistuminen. Globalisaation myötä taloudellinen kasvu keskittyy tulevaisuudessa yhä enemmän kasvaviin talouksiin. Digitalisaatio kytkee tuotteet ja palvelut tietoverkkojen avulla yhtenäisiksi kaikkialla saataviksi kokonaisuuksiksi. Teollinen internet on yritysten keino vastata digitalisaation kehittyvään megatrendiin. (Juhanko et al. 2015) Kaupungistumisen johdosta ympäristöön ja infrastruktuuriin rakennetaan yhä enemmän teknologiaa, mikä on yhteydessä internetiin (Tikka 2015). Kaupunkialueista tulee älykkäitä ja kuluttajat voivat olla henkilökohtaisilla laitteilla vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Tuoreimpana esimerkkinä on lisätty todellisuus (AR), millä on paljon mahdollisuuksia tarjottavana. Uudet tuulet lisäävät kaupunkien vetovoimaa, mikä puolestaan voimistaa kaupungistumisen megatrendiä. (Juhanko et al. 2015)

Teollista internetiä pidetään yhtenä teollisena vallankumouksena. Teollisen internetin ovat tehneet mahdolliseksi älykkäät koneet, edistynyt analytiikka ja osaava työvoima. Koneisiin liitetään erilaisia suureita mittavia antureita, jotka ovat yhteydessä toisiin koneisiin ja tietoverkkoihin. Työntekijä saa reaaliaikaista tietoa koneiden toiminnasta, jolloin tietoa voidaan hyödyntää muun muassa tuotteiden laadun parantamiseksi, koneiden hajoamisen ehkäisemiseksi ja turvallisuuden parantamiseksi. (Juhanko et al. 2015)

Teollista internetiä lähellä olevia termejä ovat asioiden internet, Industry 4.0, Big Data, kaiken internet ja teollisten asioiden internet. Asioiden internet-termi viittaa kuluttajatuotteisiin liittyvään teknologiaan ja kuinka tavallisista kuluttajien tuotteista saadaan verkkoon liitettyjä älykkäitä tuotteita. Industry 4.0 on Saksassa kehitetty hanke, joka on suuntautunut tulevaisuuden yksilöllisiin valmistusjärjestelmiin. Kaiken internet puolestaan yhdistää kuluttajan, yhteiskunnan ja teollisuuden teknologian internetin avulla luoden uusia mahdollisuuksia, parempia kokemuksia ja uutta liiketoimintaa kaikille osapuolille. (Juhanko et al. 2015) Teollisten asioiden internet-

termi on lähellä IoT-termiä, sitä pidetään asioiden internetin alakategoriana. Idea on sama, mutta termillä tarkoitetaan teollisuuden näkökulmaa IoT:stä. (Tikka 2015)

Teollista internetiä voidaan hyödyntää teollisuudessa eri tavoin, esimerkiksi laakereita valmistava Schaeffler on kehittänyt monia TI:n sovelluksia teollisuuteen IBM:n kanssa yhteistyönä. Schaeffler ja IBM hyödyntävät koneoppimista tuulimyllyissä. Sulautetut sensorit laitteissa ja laakereissa lähettävät dataa osien kunnosta reaaliajassa. Osien monitorointi ominaisuus yhdistettynä sääennusteisiin mahdollistaa osien vaihtamisen edullisimpana ajankohtana. Schafflerin älykkäät laakerit ovat hyödyllisiä myös junissa. Ne lähettävät tietoa laakereiden värinästä, lämpötilasta, vääntömomentista ja liian suurista nopeuksista. Tieto jaetaan pilvipalveluun, joka ilmoittaa rautatien operaattorille mahdollisista turvallisuusriskeistä ja mahdollistaa ennakoivan kunnossapidon. (Laros 2016) Taulukkoon 1 on koottu yleisimpiä teollisen internetin sovelluksia ja ilmiöitä, mistä puhutaan tarkemmin tulevissa kappaleissa.

Taulukko 1. Teollisen internetin yleisimpiä sovelluksia.

Sovellus	Määritelmä
RFID-tagi. Radio Frequency Identification.	Pieni mikrosiru asioiden tunnistamiseen ja sijainnin määrittämiseen.
CPS. Cyber-Physical System	Järjestelmässä olevien laitteiden keskinäinen vuorovaikutus optimaalisen suorituksen aikaansaamiseksi.
Ennakoiva analytiikka	Mallinnetaan koneen tulevaa toimintaa sen historiatietojen ja algoritmien avulla.
Etäyhteys	Etäyhteyden avulla voidaan tarkastella yhdistettyjen sensoreiden keräämää dataa etänä.
Pilvipalvelut	Tiedon hallinnan toteuttaminen "pilvessä", kuten tiedon varastointi ja laskenta.
WSN. Wireless Sensor Network	Laitteiden sensorit siirtävät keräämänsä datan langattomasti esimerkiksi pilvipalveluun.
PLM. Product Lifecycle Management	Tuotetietojen kerääminen koko tuotteen elinkaaren ajan mahdollisimman suuren hyödyn aikaansaamiseksi.
CL2M. Closed-loop Lifecycle Management	Kehittyneempi versio tuotteen elinkaaren hallinnasta. Tuotetietojen jakaminen ja hyödyntäminen tuotteen elinkaaren jokaisessa eri vaiheessa.
Lisätty todellisuus	Ympäristön muunneltu näkymä kameran läpi tarkasteltuna.
Virtuaalinen malli	Täysin digitaalinen kopio esimerkiksi tehtaasta, millä voidaan mallintaa tehtaan toimintaa.

2.1 Internet of Things

“When one talks of the IoT, you often only hear the word cloud. But you also have to consider how these clouds can start talking to each other. Then apart from these clouds, there are storms, sunshine and stars” - Marianne Hannula, Head of Service Product Management and R&D at ABB. (Industrial Internet Now 2017)

Asioiden internet termiä on ensimmäisenä käyttänyt brittiläinen Kevin Ashton vuonna 1999 tekemässään esityksessä yhdysvaltalaiselle yritykselle Procter & Gamble. Esityksessään hän ehdotti RFID-tagien (Radio-Frequency Identification) käytön yrityksen toimitusketjussa. (Ashton 2009) Jälkeenpäin termistä on tullut paradigma ja siitä on tehty lukuisia tutkielmia, jo pelkästään Google Scholar tietokanta löytää noin kolme miljoona hakutulosta termille IoT. Määritelmiä asioiden internetille on syntynyt useita. Yleisesti asioiden internet voidaan määritellä dynaamiseksi maailmanlaajuiseksi verkkoinfrastruktuuriksi, missä fyysiset ja virtuaaliset “asiat” ovat integroitu saumattomasti informaatioverkkoon (Kranenburg 2007). Kymmenen vuotta myöhemmin termin keksimisen jälkeen Ashtonin mielestä (2009) asioiden internetillä on potentiaalia muuttaa maailmaa internetin tavoin, ehkä vielä jopa internetiä enemmän. Termin syntymisen jälkeen myös useat tutkijat ja professorit ovat tulleet samaan lopputulokseen Ashtonin kanssa, asioiden internet on ennennäkemätön mahdollisuus (Westerlund et al. 2014).

Asioiden internetin ensimmäisenä sovelluksena voidaan pitää RFID-tekniologiaa, mikä mahdollistaa tunnistetietojen välityksen langattomasti mikrosirun eli tagin avulla (Li Da et al. 2014). RFID-tageilla varustettuja esineitä voidaan tunnistaa, paikantaa ja monitoroida automaattisesti (Jia et al. 2012). RFID-tekniologiaa käytetään laajasti muun muassa logistiikassa, lääkealalla, vähittäiskaupoissa ja toimitusketjun hallinnassa. WSN (Wireless Sensor Network) eli langattomien sensoreiden verkosto on toinen erittäin tärkeä tekniologia asioiden internetiä tarkastellessa. Tämä sensoreiden verkosto käyttää älykkäiden sensoreiden tuottamaa dataa. WSN tekniologian sovelluksia löytyy esimerkiksi terveydenhuollosta, teollisuudesta ja liikenteestä. Edellä mainittujen tekniologioiden kehityksellä on ollut merkittävä

kontribuutio asioiden internetille. Lisäksi monet muut teknologiat ja laitteet, kuten älypuhelimet ja pilvipalvelut, auttavat asioiden internetiä luomaan laajan verkoston kehityksen tukemiseksi. IloT (Industrial Internet of Things) eli teollinen asioiden internet on hyvin lähellä asioiden internetiä. Termillä tarkoitetaan IoT:n soveltamista teollisuuden toimialoille. (Li Da et al. 2014) Blanchetten (2016) mukaan IloT:n suurin hyöty syntyy datan keskittämisestä ja sovelluksien integroimisesta järjestelmään, mikä pystyy prosessoimaan tämän datan tiedoksi. Sovellukset voidaan asentaa pilvipalveluihin, joihin data kerätään. Tieto on saatavilla kaikkialla sen sijaan, että tieto olisi ainoastaan koneen ylläpitäjän tietokoneella.

Teollisuuden toimialoilla IloT yhdistetään useasti pilvipalveluiden käyttämiseen. Pilvipalveluilla tarkoitetaan palveluita, jotka mahdollistavat suuren laskentatehon ja tallennustilan hyödyntämisen verkon kautta ilman suuria investointeja infrastruktuuriin (Mell & Grance 2011). Honeywell yrityksen verkkosivuilla (Winters & Leclerc 2017) julkaistussa artikkelissa kerrottiin, kuinka IloT:n käyttöönoton hyötyinä ovat esimerkiksi huoltokustannusten pienentyminen ja lisääntynyt turvallisuus. Artikkelin mukaan pilvipalveluita voidaan käyttää kokonaisen koneen tai prosessin mallintamiseen. Fysiikkaan perustuva 'digitaalinen kopio' koneesta tai prosessista mahdollistaa kuntoa mittaavien indikaattoreiden luomisen. Tarkan digitaalisen kopion prosessin poikkeaminen oikean koneen prosessista on merkki koneen kunnan heikkenemisestä tai vikatilasta (Winters & Leclerc 2017). Mallintaminen mahdollistaa koneen vikatilojen ja vaaratilanteiden ehkäisemisen.

2.2 Industry 4.0

Saksasta peräisin olevaa termiä Industry 4.0 kutsutaan neljänneksi teolliseksi vallankumoukseksi (MacDougall 2014). Termille ei ole tarkkaa määritelmää, tyypillisesti sillä kuvataan lähestyviä muutoksia teollisuuden tulevaisuudessa, erityisesti tuotannon ja valmistuksen toimialoilla. Industry 4.0 perustuu laajan verkoston CPS-mahdollistettuun (Cyber-Physical System) valmistamiseen ja palveluinnovaatioihin (Brettel et al. 2014). CPS tarkoittaa pitkälle kehittynyttä kommunikointia koneiden välillä. Jatkuva ohjelmiston ja yhteensulautetun älykkyyden

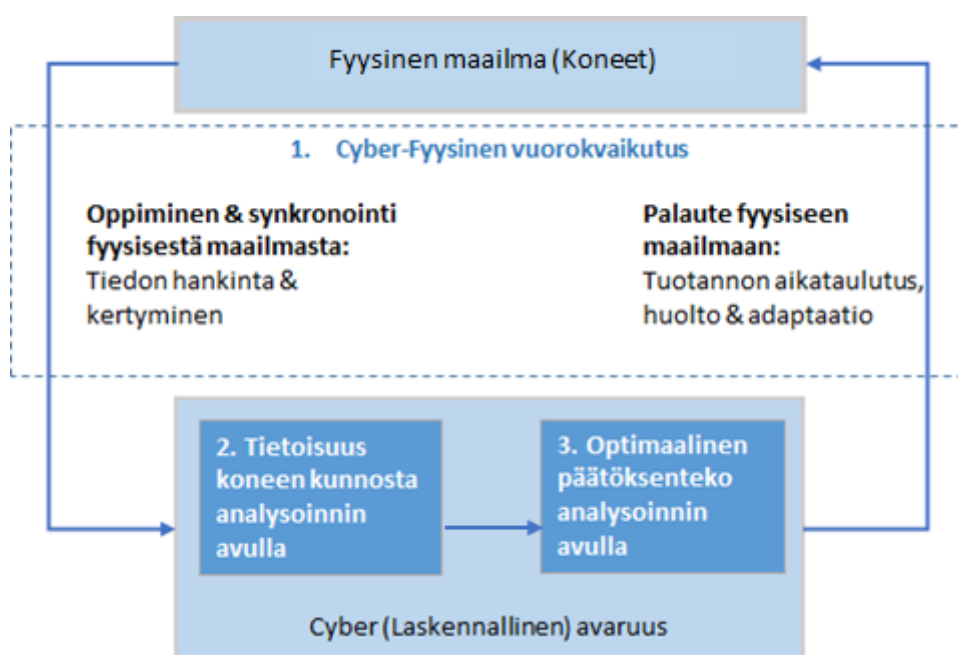
integrointi teollisuuden tuotteisiin ja järjestelmiin mahdollistaa ennakoivan teknologian avulla älykkäiden algoritmien yhdistämisen elektroniikkaan. Tätä teknologiaan voidaan käyttää esimerkiksi ennustamaan tuotteen suorituskyvyn alenemista ja itsenäisesti hallita sekä optimoida tuotteen tai palvelun tarpeita. (Lee et al. 2014) CPS-järjestelmän tarkoitus on parantaa tehokkuutta, kestävyyttä ja laatua koko toimitusketjun matkalta (Blanchette 2016).

Nykypäivänä tuotannossa keskitytään optimoimaan prosesseja ja kehittämään tehtaiden älykkyyttä. Suuremman tason älykkyys voidaan saavuttaa, mikäli koneet saadaan vuorovaikutukseen niitä ympäröivien järjestelmien kanssa, joilla on suora vaikutus koneen suorituskykyyn. Saumattoman vuorovaikutuksen johdosta koneet kehittyvät itsetietoiseksi ja itseoppivaksi järjestelmäksi, ja näin koneen suorituskyky paranee kokonaisvaltaisesti. Itsetietoiset ja itseoppivat koneet ovat nähtävissä vasta tulevaisuudessa nykyisillä toimialoilla. Kehitys tällä alalla vaatii usean eri haasteen ja ongelman tutkimista. Lee ym. (2014) ovat jakaneet nämä haasteet viiteen eri osa-alueeseen:

1. Prosessien optimoinnin lisäksi tulisi ottaa huomioon koneen komponenttien kunto.
2. Dataa kerätään tyypillisesti vain yhdestä koneesta tietyssä ympäristössä, minkä perusteella rakennetaan ennakoivia järjestelmiä. Samanlaiset koneet toimivat monesti eri tehtävissä ja eri ympäristöissä. Ennakoivat järjestelmät pitäisi rakentaa monipuolisemman datan perusteella.
3. Tuotteen laatu voi tarjota paljon tietoa koneen kunnosta. Palautetta tuotteen laadusta pitäisi antaa korkeammille tasoille, kuten koneen vastuuhenkilöille ja siitä tuotannon suunnitteluun asti. Tällainen palauteketju on erittäin hankala toteuttaa.
4. Datan hallinta ja jakaminen Big Data ympäristössä on kriittisen tärkeää itsetietoisien ja -oppivan koneen saavuttamiseksi. Pilvilaskennan käyttö on välttämätöntä.

5. Sensoreiden avulla kone kykenee aistimaan mitä ympäristössä tapahtuu. Sensoreiden vikatilat johtavat virheelliseen dataan, mikä välittyy päätöksiä tekeville algoritmeille.

Teollisen internetin kehittyminen on muodostanut yhtenäisen tietoverkon yhdistäen järjestelmät ja ihmiset. Tietoverkossa olevan datan määrä kasvaa jatkuvasti ja tämän suuren datamäärän muuttaminen hyödylliseksi informaatioksi, kehittyneellä analytiikalla ja CPS-rakenteella on avain kestävään innovointiin tulevaisuuden Industry 4.0 tehtaalla (Brettel et al. 2014). Nykypäivänä koneet kuuntelevat passiivisesti operaattorin komentoja ja reagoivat niihin, vaikka osoitettu tehtävä ei olisi optimaalinen nykytilassa. Älykkään koneen tulisi aktiivisesti ehdottaa tehtäviä ja ajoparametreja niin, että tuottavuus ja laatu olisi maksimaalinen. Ongelmana on myös koneen huoltoon ja kuntoon liittyvä monitorointi. Nykypäivän algoritmit eivät kykene analysoimaan ja mukautumaan reaaliaikaisen datan mukana, mikä aiheuttaa algoritmien nopean vanhenemisen. Edellä mainittujen ongelmien ratkaisemiseksi on kehitetty yhdistetty CPS-rakenne itsetietoiselle ja -oppivalle koneelle. Tämä rakenne poimii tehokkaasti merkittävän informaation suuresta datamäärästä ja tekee älykkäitä päätöksiä. Rakennetta on havainnollistettu alla olevassa kuvassa 2. (Lee et al. 2014)



Kuva 2. CPS-rakenne itsetietoiselle ja -oppivalle koneelle (Lee et al. 2014, s.5).

2.3 Big Data

Big Datan voi määritellä usealla eri tavalla, mutta yleisesti termi mielletään suurena määränä dataa, jota ei pystytä hyödyntämään kohtuullisessa ajassa perinteisin tietotekniikan menetelmin. Big datan merkitys kasvaa jatkuvasti, koska se mahdollistaa nykyisen liiketoiminnan tehostamisen ja sen ympärille odotetaan syntyvän paljon uutta liiketoimintaa. Big datan koko voidaan määritellä muutaman tera- ja petatavun välille. Anturit ja tietojärjestelmät keräävät dataa jatkuvasti, minkä takia dataa kertyy valtavia määriä. Big datan haasteet liittyvät sen keräämiseen, tallentamiseen, hallintaan ja erityisesti analysointiin, eli kuinka data on muutettavissa hyödylliseksi tiedoksi. (Chen et al. 2014)

Big datasta puhutaan useasti IoT:n yhteydessä, koska IoT:n myötä koneissa sekä laitteissa on lukuisia määriä sulautettuja sensoreita ja antureita, mitkä mahdollistavat yksityiskohtaisen datan keräämisen koneiden käytöstä, käyttäjästä ja toiminnasta. Big datan avulla saadaan tietoa myös ihmisistä ja heidän käyttäytymisestään. Esimerkiksi verkkosivut voivat tarkkailla käyttäjänsä verkkokokäyttäytymistä, jokaisesta hiiren tai näppäimen painalluksesta syntyy dataa, jonka avulla saadaan selville, mitä kyseinen käyttäjä tekee verkkosivulla. Tämä data on hyödynnettävissä muun muassa tarjoamalla kohdennettua mainontaa jokaiselle käyttäjälle. Yritykset monesti tallentavat tämän datan ja mahdollisesti myyvät sitä eteenpäin tai palkkaavat osaavia henkilöitä hyödyntämään sitä liiketoiminnan edistämiseksi. (Chen et al. 2014; Salo 2014)

Big datalla on suuri merkitys yrityksille, koska datasta saadun tiedon avulla koneita voidaan optimoida toimimaan tehokkaammin ilman suurempia investointeja laitteistoon. Datan avulla voidaan laskea, millä arvoilla kone tuottaa parhaan lopputuloksen ja energiatehokkuuden, eikä se vaadi tuotannolta muuta kuin ajoasetuksien muuttamista. Kehittyneet algoritmit voivat vaihtaa koneiden ajoasetuksia automaattisesti, jotta kone ajaa joka hetki tehokkaimmalla mahdollisella tavalla. Algoritmien avulla pystytään rakentamaan malleja, jotka pystyvät ennustamaan koneiden hajoamisen. Ennustamisen ansiosta kuluneet osat pystytään

vaihtamaan ennen niiden hajoamista. Tämän johdosta suurempi osa kapasiteetista saadaan käyttöön ja yksikkökustannukset laskevat. (Sadeghi et al. 2015)

2.4 Kestävä kehitys ja tuotteen elinkaaren hallinta

Teollisen internetin sovellukset mahdollistavat kestävän kehityksen teollisuudelle. Kestävä kehitys on erityisesti yksi Industry 4.0 hankkeen arvoista. Suurin lisäarvoa luova vaikutus kestävässä kehityksessä ajatellaan olevan ympäristöön vaikuttavilla tekijöillä, mutta kestävään kehitykseen liittyvät myös taloudelliset -ja sosiaaliset lisäarvotekijät. Ilot:n myötä taloudellista lisäarvoa saadaan säästöjen tai lisätulojen muodossa. Ympäristöllinen lisäarvo saavutetaan vähemmällä resurssien käyttämisellä. Antureiden keräämän datan avulla prosessit saadaan optimoitua mahdollisimman tehokkaiksi ja ennaltaehkäisevän huollon johdosta koneiden käyttöikä pitenee huomattavasti. Sosiaalisen lisäarvon parannus voidaan toteuttaa tehokkaammalla koulutuksella tai parantamalla työntekijöiden motivaatiota. Uudet teknologiat voivat itsessään lisätä motivaatiota ja niiden mahdollistama hajautettu päätöksenteko sekä kannustinjärjestelmät tehostavat yrityksen toimintaa. (Stock & Seliger 2016)

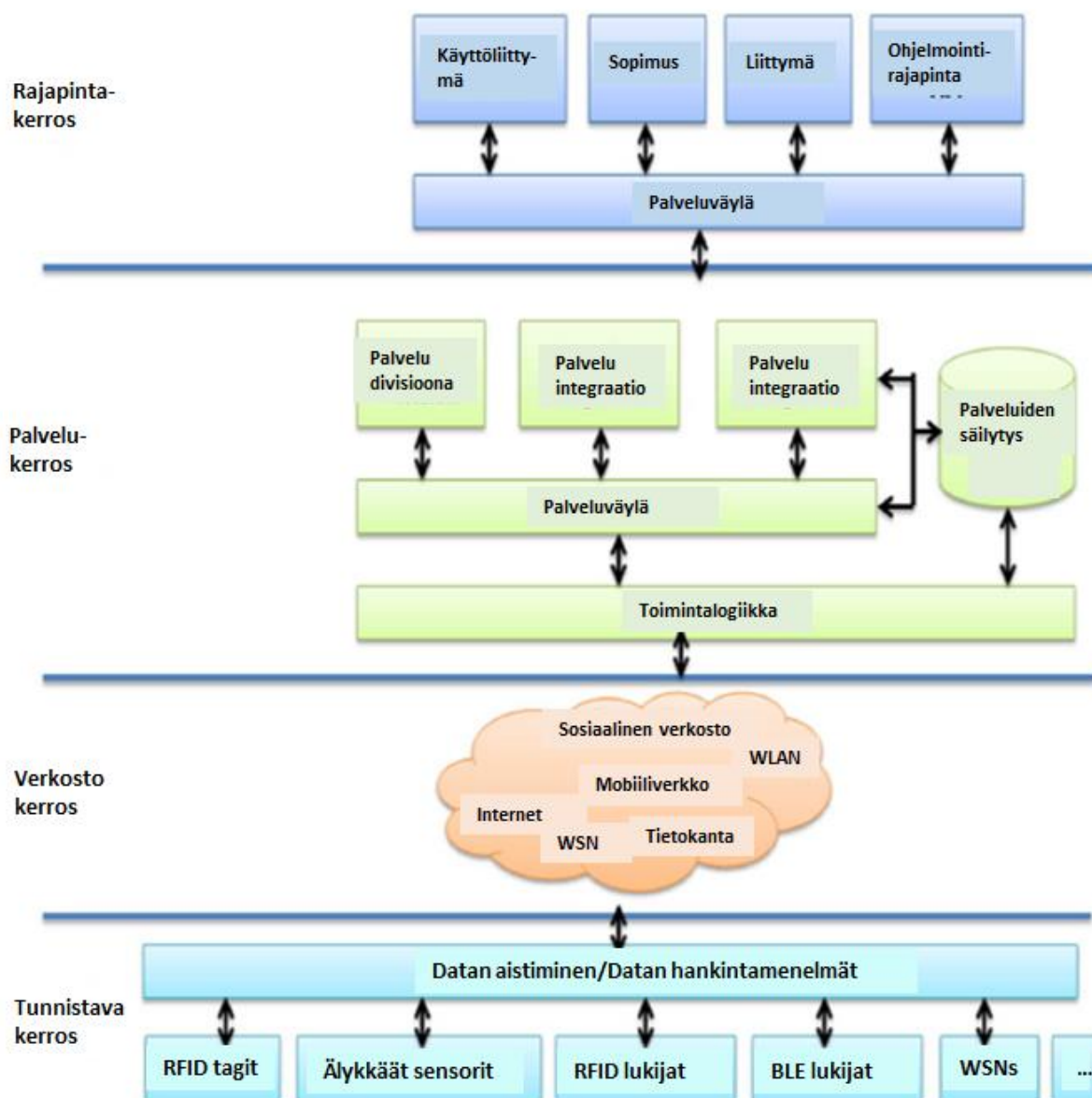
PLM tähtää kestävään kehitykseen tuotteen tehokkaalla hallinnalla sen koko elinkaaren ajan. Tuotteen elinkaari alkaa tuotteen ensimmäisestä ideasta ja päättyy sen käytöstä poistamiseen. Teollisen internetin anturiteknologiat mahdollistavat tuotteiden tehokkaamman elinkaaren hallinnan. (Stark 2015) Tuotteista kerätystä datasta saadulla tiedolla on tarkoitus myös edistää kehitettävien tuotteiden suunnittelua ja tuotantoa. Kiritsisin (2011) mukaan PLM on strateginen lähestymistapa ja pyrkii vastaamaan kolmeen fundamentaaliseen osa-alueeseen:

1. Tuotetietojen universaali, suojattu ja hallittu saatavuus ja käyttö.
2. Tuotetietojen eheyden säilyttäminen koko tuotteen elinkaaren ajan.
3. Liiketoimintojen hallinta ja ylläpito, jotka tuottavat, hallitsevat, levittävät, jakavat ja käyttävät näitä tietoja.

Kehittyneempi PLM järjestelmä on Closed-Loop Lifecycle Management (CL2M). CL2M tarkoittaa sitä, että kaikilla tuotteen asianomaisilla on pääsy tuotetietoihin koko tuotteen elinkaaren ajan. Tämä edellyttää tuotetietojen ja tuotteen sulautettujen järjestelmien keräämän datan jakamista verkossa asianomaisille. Tuotteen elinkaaren aikana sensorit mittaavat useita eri parametreja, kuten lämpötilaa, painetta, kosteutta, nopeutta ja kiihtyvyyttä. Sensoreita on erilaisia ja osa niistä pystyy prosessoimaan datan suoraan hyväksikäytettäväksi tiedoksi, mutta yleensä data prosessoidaan vasta myöhemmin. Tuotteen elinkaaren eri vaiheiden tarkastelu on parantunut IIoT:n myötä, mikä mahdollistaa merkittävien kilpailuetujen saavuttamisen. (Kiritsis 2011)

2.5 Arkkitehtuurirakenteet

IoT:n hajautettu ja heterogeeninen luonne vaikeuttaa sen soveltamista ja asioiden yhdistämistä verkkojen ylitse. Heterogeenisten järjestelmien ja laitteiden integroimiseen voidaan hyödyntää palvelukeskeistä arkkitehtuuria (SOA) tai pilvikeskeistä arkkitehtuuria (COA). Palvelukeskeisellä arkkitehtuurilla tarkoitetaan arkkitehtuuritason suunnittelutapaa, jolla eri tietojärjestelmien palveluita pystytään käyttämään avoimien standardien rajapintojen kautta. (Li Da et al. 2014) Yksi esimerkki palvelukeskeisestä arkkitehtuurirakenteesta on esitetty kuvassa 3.

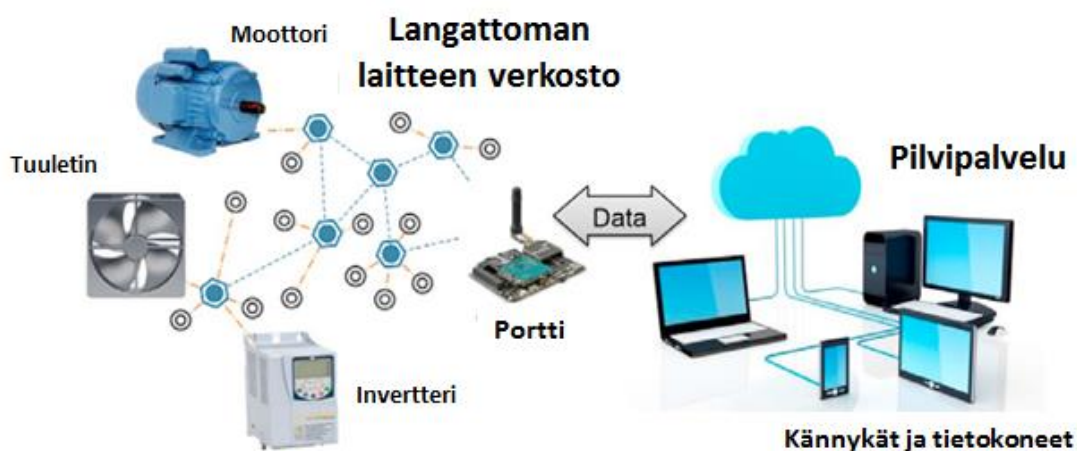


Kuva 3. Palvelukeskeinen arkkitehtuurirakenne asioiden internetille (Li Da et al. 2014, s. 2236).

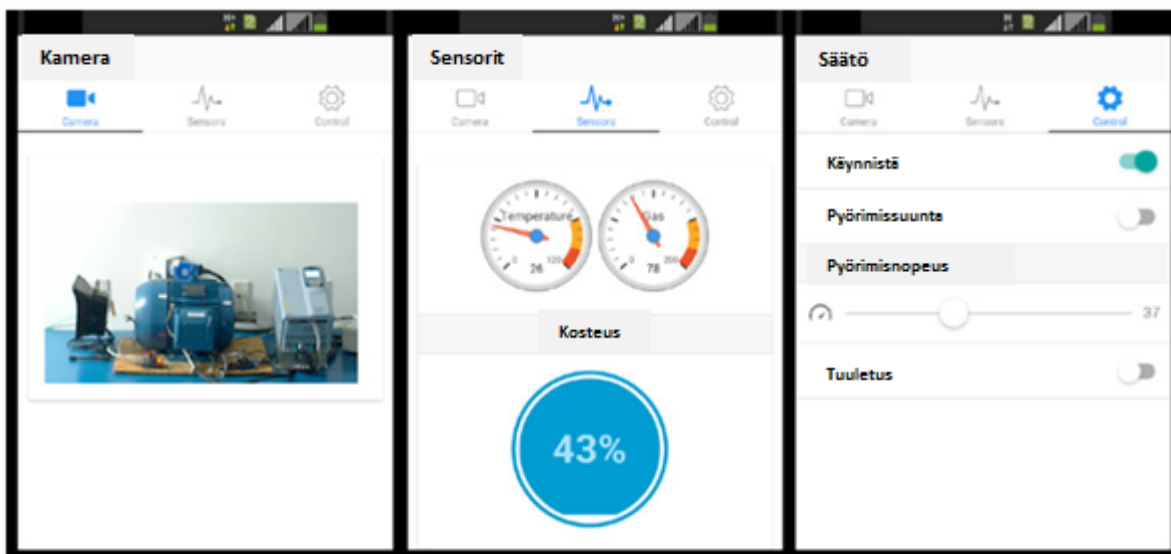
Kuvan 3 palvelukeskeinen arkkitehtuurirakenne koostuu neljästä kerroksesta: Tunnistava kerros, verkostokerros, palvelukerros ja rajapintakerros. Alin kerros, tunnistava kerros, koostuu eri sensoreista ja toimilaitteista, joilla dataa kerätään. Verkosto kerros pitää sisällään asioiden yhdistämisen keskenään ja mahdollistaa informaation jakamisen yhdistettyjen laitteiden välillä. Palvelukerros tukeutuu teknologioihin, jotka integroivat palvelut ja sovellukset asioiden internetissä. Tämä

kerros tarjoaa API:t (Application Programming Interface) eli ohjelmointirajapinnat sekä protokollat tukemaan palveluita, sovelluksia ja käyttäjän tarpeita. Ohjelmointirajapinnalla tarkoitetaan tietojen vaihtamista ja kommunikointia eri ohjelmien välillä. Ylimpänä rajapintakerros yksinkertaistaa asioiden hallinnan ja yhdistämisen keskenään. Rajapintakerros on järjestelmän käyttäjille näkyvä kerros. (Li Da et al. 2014)

Kuvassa 4 alla on esitetty yksinkertainen pilvipohjainen arkkitehtuurirakenne. Tällainen rakenne voi olla osana palvelupohjaista arkkitehtuurirakennetta tai toimia itsenäisenä arkkitehtuurina. Kuvan 4 tyylisellä rakenteella Silva et al. (2016) ovat suorittaneet käytännön kokeilun moottorin reaaliaikaisesta monitoroinnista ja pilvipohjaisen arkkitehtuurin toimintatavasta. Testissä sensorit mittasivat moottorin kiihtyvyyttä, lämpötilaa sekä kosteutta. Moottorissa olevien sensorien lähettämää dataa monitoroimalla pystyttiin päättelemään, kun moottorin toiminta poikkesi normaalitilanteesta. Mittaustaajuutta kasvattamalla tämän tyyppisellä, suhteellisen yksinkertaisella ja halvalla järjestelmällä, pystytään havaitsemaan jopa laakereiden kuluminen. (Silva et al. 2016) Kuvassa 5 on testissä käytetylle moottorille kehitetty mobiilisovellus. Sovelluksen kautta voidaan monitoroida eri mittausparametreja ja muuttaa moottorin pyörimisnopeutta. Kuvissa 4 ja 5 esitetty pilvipohjainen arkkitehtuurirakenne ja sen soveltaminen vaativat vähäisiä investointeja infrastruktuuriin hyödyntämällä eri pilvipalveluita.



Kuva 4. Pilvipohjainen arkkitehtuurirakenne (Silva et al. 2016, s. 109).



Kuva 5. Mobiilisovellus mahdollistaa moottorin parametrien monitoroinnin ja säätämisen (Silva et al. 2016, s. 112).

3 MAHDOLLISUUDET JA HAASTEET

Tässä osuudessa käsitellään teollisen internetin mahdollisuuksia ja haasteita yleisellä tasolla. Mahdollisuuksissa käydään läpi, miten teollinen internet voi parantaa yritysten liiketoimintaa kustannussäästöjen ja asiakashyötyjen muodossa sekä ajureita, jotka kannustavat teollisen internetin käyttöönottoon. Kappaleessa käsitellään aiemmin esiteltyjä sovelluksia ja pohditaan niiden vaikutuksia liiketoiminnalle. Teollisen internetin sovellukset tuovat mukanaan myös uusia haasteita, joihin yritysten täytyy varautua teollisen internetin käyttöönoton yhteydessä.

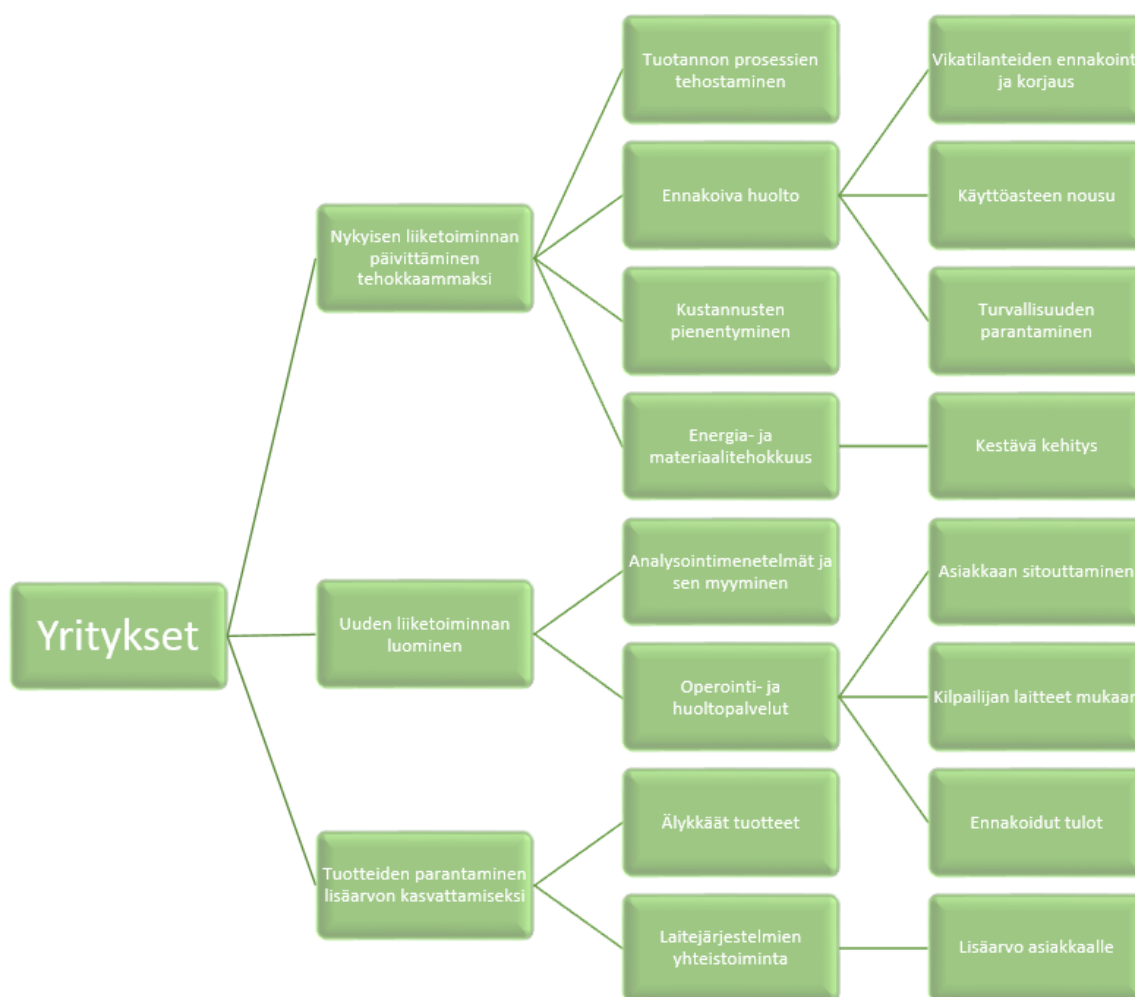
3.1 Teollisen internetin mahdollisuudet

Teollisen internetin hyödyt ja mahdollisuudet voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen, kuten kuvassa 6 on esitetty. Nämä kolme osa-aluetta ovat nykyisen liiketoiminnan päivittäminen tehokkaammaksi, uuden liiketoiminnan luominen ja tuotteiden parantaminen lisäarvon kasvattamiseksi. Tehokkuuden parantaminen tarkoittaa esimerkiksi pienempää energian tai raaka-aineiden tarvetta saman tuotoksen aikaansaamiseksi, mikä pienentää liiketoiminnan kustannuksia. Ennakoivan huollon avulla suurempi osa koneiden kapasiteetista saadaan hyödynnettyä ja ylimääräisten seisokkien määrä vähenee.

Teollisen internetin synnyttämät uudet liiketoimintamahdollisuudet helpottavat palveluiden yhdistämisen osaksi tuotetta, mikä luo edellytykset pidemmille asiakassuhteille. Palveluista voidaan tehdä sopivia myös kilpailijoiden tuotteille, mikä lisää potentiaalisten asiakkaiden määrää. Esimerkiksi analytiikan työkaluilla prosessien tehokkuuden parantaminen voi olla täysin omaa liiketoimintansa, jota voidaan soveltaa koneisiin valmistajasta riippumatta.

Teollinen internet ei ole pelkästään uusia tuotteita, vaan vanhoihin tuotteisiin voidaan tehdä inkrementaalisia parannuksia. Tuotteista voidaan tehdä älykkäitä tuotteita. Kaikille tutut älypuhelimet ovat arkipäivää, mutta mahdollisuuksien kirjo on laaja. Suurin osa kuluttajien käyttämistä laitteista on yhdistettävissä internetiin pienillä

muutoksilla. Tulevaisuudessa nähdään varmasti taloja, joissa kaikki laitteet ovat kytkettynä samaan tietojärjestelmään, mitä kuluttaja voi hallita useilla eri laitteilla. Teollisuudessa sama on mahdollista. Tehtaat voivat olla interaktiivisesti toimivia kokonaisuuksia, missä kaikki älykkäät komponentit ovat yhteydessä toisiinsa.



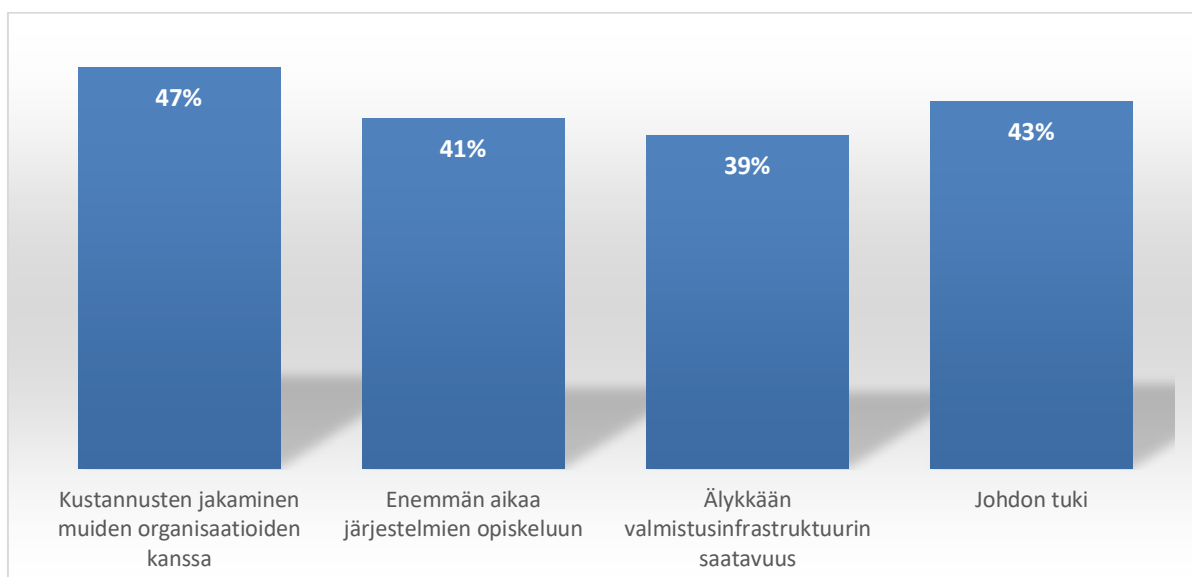
Kuva 6. Yritysten mahdollisuudet ja hyödyt teollisesta internetistä (Juhanko et al. 2015, s. 22).

3.1.1 Käyttöönnoton ajurit

Yksi maailman johtavista liiketoimintainformaation keräämiseen ja jakamiseen erikoistuneista yrityksistä we.CONNECT Global Leaders GmbH julkaisi vuonna 2016

tekemänsä kyselyn tulokset liittyen teollisen internetin käyttöönoton haasteisiin, mahdollisuuksiin ja ajureihin. Kysely kohdistui suurten kansainvälisten yritysten IoT:sta ja älykkäästä valmistuksesta vastaaville henkilöille ja kyselyyn osallistui yhteensä noin 300 henkilöä. Tutkimuksen tulokset ovat esitetty kuvissa 7,8 ja 9. Kuvissa on esitetty prosentteina, kuinka tärkeänä henkilöt pitävät teollisen internetin käyttöönoton ajureiden, hyötyjen ja haasteiden eri tekijöitä. (we.CONECT 2017)

Tärkeinä pidetyt ajurit teolliselle internetille on esitetty kuvassa 7. Ajurit teollisen internetin käyttöönotolle korreloivat kuvassa 9 esitettyjen haasteiden kanssa. Merkittävin ajuri on mahdollisuus jakaa kustannukset muiden organisaatioiden kanssa. Haasteita myöhemmin käsiteltävässä kappaleessa todetaan, että teollisen internetin käyttöönotossa kustannukset ovat merkittävä haaste. Ei ole yllättävää, että kustannusten pienentäminen esimerkiksi kustannuksia jakamalla helpottaisi teollisen internetin käyttöönottoa. Muut tekijät, kuten johdon tuki, infrastruktuurin saatavuus sekä lisääntynyt aika järjestelmien opiskeluun ovat lähes yhtä tärkeinä pidettyjä ajureita kuin kustannusten jakaminen. Syitä teollisen internetin yleistymiseen on muitakin, mutta we.CONECT:in tutkimuksessa käsiteltiin näitä aiheita.



Kuva 7. Teollisen internetin käyttöönoton ajurit (we.CONECT 2017).

3.1.2 Kustannussäästöt

Monilla teollisuuden toimialoilla teollisen internetin avulla pyritään vähentämään toiminnasta aiheutuvia kustannuksia. Kustannussäästöjä syntyy energian ja materiaalin käytön tehostamisesta, vähentyneestä työvoiman tarpeesta, seisokkiaikojen lyhenemisestä, koneiden käyttöiän pidentymisestä ja laitteiden vioittumisten ehkäisystä.

RFID:n kustannushyödyt syntyvät logististen operaatioiden tehostamisesta. Jäljittämällä ja tunnistamalla jokaisen tavaran niiden RFID-tageista voidaan tavaroiden automaattinen lastaus sekä purku suorittaa tehokkaammin, tarkemmin ja vähentää viivästyksiä (Sun et al. 2012). Tämä on monille yrityksille riittävä teollisen internetin integraatio, eikä vaadi suuria investointeja.

Pilvipalveluiden avulla voidaan vähentää kalliin laitteiston tarvetta, koska tiedon varastointi ja laskenta voidaan suorittaa pilvessä. Pilvipalveluissa maksetaan usein vain käytetystä kapasiteetista. Pilvipalveluun tallennettu tieto on helpommin saatavilla, kuin paikalliselle kovalevyllä tallennettu tieto. Investointi tiedonhallintaan laitteistoon voi olla kalliimpaa kuin tiedonhallinnan ulkoistaminen pilvipalveluihin.

Tuotantolaitteistosta antureilla kerätyn datan avulla tehdyllä ennakoivalla analytiikalla voidaan ennustaa järjestelmien vikatiloja, minkä perusteella järjestelmän huollot ja seisokit voidaan ennakoida. Hosken (2016) tekemässä tutkimuksessa Cisco, Fanuc ja Rockwell Automation pystyivät jälkikäteen asennettujen sensoreiden avulla ennustamaan kaksi viikkoa etukäteen laakereiden hajoamisen, jonka seurauksena suunnittelemattomat häiriöajat ja niiden aiheuttamat kustannukset laskivat huomattavasti.

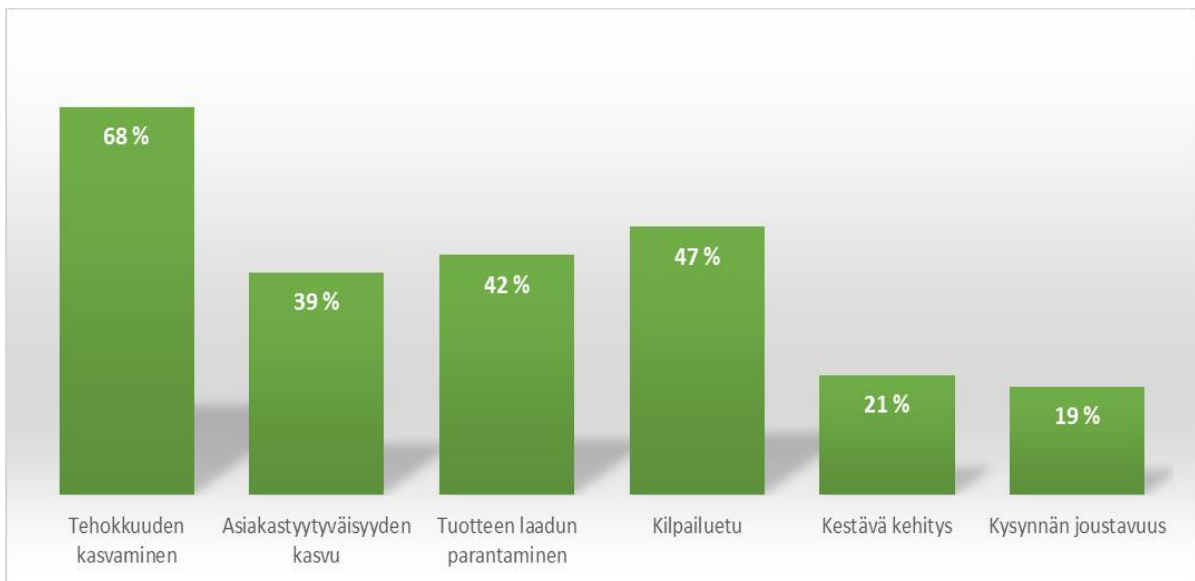
Yleensä IIoT:n kustannustehokkuuden tekijöitä mietittäessä teollisuuden automatisointi nähdään merkittävimpänä tekijänä, mutta älykkäiden laitteiden ja tehtaiden avulla voidaan päästä myös merkittäviin säästöihin (Neubert 2016). Investoinnit älykkäisiin tuotantomenetelmiin ovat arvokkaita ja investointien

takaisinmaksuaika voi olla useita vuosia. CPS-tuotantojärjestelmillä voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä energian ja materiaalin optimoinnin sekä pienempien työvoimakustannusten avulla. Teknologian uutuus ja arvokkuus voi pienentää investointien nettonykyarvoa, joka puolestaan näkyy yritysten investointihalukkuudessa.

3.1.3 Asiakashyödyt

Suurimpana TI:n hyötynä teollisuudessa koetaan tehokkuuden paraneminen, kuten kuvasta 8 voidaan huomata. Tehokkuutta TI:n sovellukset parantavat kommunikoinnin, tiedon hallinnan ja prosessien optimoinnin avulla. Työntekijät sekä koneet saavat enemmän aikaa lyhyemmässä ajassa ja käyttävät vähemmän resursseja. Investoinnit tehokkuutta kasvattaviin teollisen internetin sovelluksiin ovat kannattavia, mikäli säästöjen tai lisätulojen nettonykyarvo on suurempi kuin investoinnin hinta.

Koneiden käytön optimoinnin avulla saavutetun tehokkuuden paraneminen näkyy tuotannon kustannusten laskuna, mikä kasvattaa yrityksen kilpailuetua muihin toimialan yrityksiin nähden. Koneiden tarkka monitorointi johtaa vikatilojen vähenemiseen ja eheämpään toimintaan, mikä näkyy tuotteiden laadussa ja hävikin määrässä. Asiakastyytyväisyyteen vaikuttaa tuotteiden laatu ja koneen moitteeton toiminta, eli teollinen internet koetaan myös merkittävänä asiakastyytyväisyyden parantajana. Kuvasta 8 voidaan nähdä kuinka TI:n hyödyt arvostetaan teollisuuden yrityksissä.



Kuva 8. Teollisen internetin käyttöönoton hyödyt (we.CONECT 2017).

Kuvassa 8 esitetyistä tuloksista voidaan nähdä, että teollisen internetin käyttöönoton suurimpana hyötynä suurissa kansainvälisissä yrityksissä nähdään tehokkuuden kasvaminen. Teollisen internetin tuomaa kilpailuetua ja tuotteen laadun parantamista pidetään myös tärkeänä.

Teollinen internet mahdollistaa kokonaisvaltaisempien palveluiden tarjoamisen asiakkaille. Palveluiden osuuden kasvu yrityksiä liiketoiminnassa on kasvava trendi. TI:n myötä palveluiden integroiminen osaksi tuotetta on tullut entistä helpommaksi. Etäyhteyksien avulla voidaan asiakkaille tarjota palveluita optimaalisten ajoasetuksien säätämiseksi ja osien kunnan tarkkailemiseksi. Etäyhteydellä varustettujen sensoreiden lähettämän datan avulla voidaan ennakoida osien kunnan heikkeneminen, mikä mahdollistaa varaosan lähettämisen tehtaalle ennen sen hajoamista. Kone jatkaa toimintaansa normaalisti ja osa vaihdetaan seuraavan suunnitellun seisokin aikana. Suunnittelemattomien seisokkien määrä vähenee ja yleinen turvallisuus kasvaa laitteiden varmemman toiminnan johdosta. Koneiden huoltoa voidaan avustaa videopuheluiden ja lisätyn todellisuuden avulla.

Seuraava askel etäyhteyksien mahdollistaman tarkkailun jälkeen on koneiden ajaminen etänä internetin välityksellä. Tehdas ei vaadi henkilökunnan läsnäoloa, vaan

koneita voitaisiin etäohjata eri laitteilla. Industry 4.0 hankkeen myötä syntynyt CPS mahdollistaisi tehtaan toiminnan lähes täysin ilman ihmisen läsnäoloa. Nämä sovellukset pyrkivät tuottavuuden maksimointiin ja kustannusten laskemiseen, mitkä ovat asiakkaalle merkitseviä tekijöitä.

3.2 Teollisen internetin haasteet

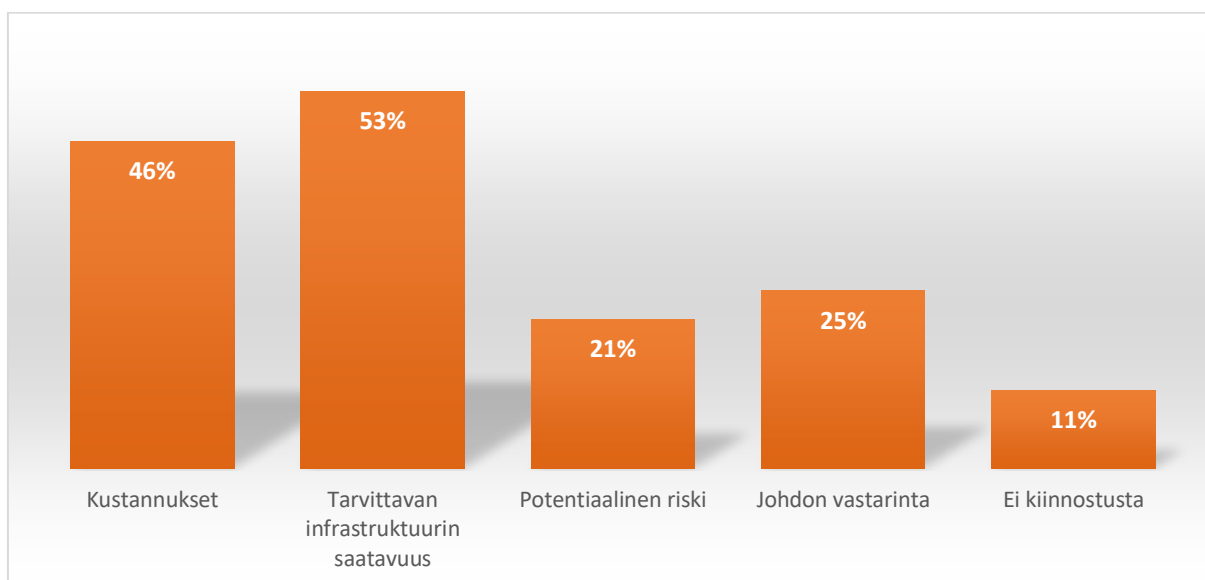
Teollisen internetin käyttöönottamisessa voi ilmetä monenlaisia haasteita, esimerkiksi investointien, teknologian tai tietoturvan puolesta. Alla olevissa kappaleissa on käsitelty näitä aiheita ja miksi TI ei ole itsestäänselvyys kaikissa yrityksissä. Käsitellyssä hyödynnetään muun muassa we.CONECT:in tekemää tutkimusta.

3.2.1 Käyttöönoton haasteet

Useimmissa yrityksissä tiedostetaan teollisen internetin mahdollisuudet, mutta TI:n sovelluksien integroiminen osaksi olemassa olevaa infrastruktuuria voi olla haastavaa tai jopa mahdotonta. Kuvasta 9 nähdään, että infrastruktuurin saatavuus on suurin koettu haaste teollisen internetin käyttöönotolle. Uusien laiteinvestointien tekeminen ei välttämättä ole kannattavaa, mikäli johto kokee olevansa tyytyväinen olemassa olevaan järjestelmään. Investointihalukkuuteen vaikuttavat johdon kokemukset TI:n tarpeellisuudesta. Konservatiivinen johtoryhmä voi pitää teollista internetiä hetkellisenä trendinä, eikä usko sen kykyyn tuottaa lisäarvoa liiketoiminnalle. Yleinen näkemys TI:stä on, että se tulee muuttamaan teollisuutta merkittävästi ja yritykset, jotka eivät ota käyttöön teollisen internetin sovelluksia jäävät selvään alalyöntiasemaan tulevaisuudessa (Hoske 2016).

Koneisiin asennetut sensorit keräävät jatkuvasti dataa, joka täytyy varastoida sen hyötykäyttöä varten. Dataa syntyy, niin suuria määriä, että sen tallentaminen on itsessään jo haaste. Datan tallentamiseen käytetään paikallisia tietokantoja yrityksen omissa tietojärjestelmissä tai vaihtoehtoisesti pilvipalveluja. Tiedon tallennus paikallisesti alkaa olla jo menneen talven lumia ja riskialtista, mikäli tietoa ei ole hajautettu useampaan sijaintiin. Pilvipalvelujen suurimmat haasteet liittyvät

tietoturvallisuuteen, koska pilvipalvelussa oleva tieto ei voi tuhoutua laitteiden vioittumisen seurauksena. Pilvipalvelussa oleva tieto saattaa saastua hyökkäyksen seurauksena tai tieto voi päätyä väärin ihmisten haltuun.



Kuva 9. Teollisen internetin käyttöönoton haasteet (we.CONECT 2017).

Kuvassa 9 esitetystä vuonna 2016 tehdystä tutkimuksesta nähdään, että teollisuuden IoT:sta vastaavat henkilöt pitivät tarvittavan infrastruktuurin saatavuutta merkittävimpana haasteena teollisen internetin käyttöönotolle. Teollisen internetin käyttöönotosta aiheutuvat kustannukset ovat lähes yhtä merkittävänä pidetty haaste, mikä on luonnollista, koska investoinnit tarvittavaan infrastruktuuriin aiheuttavat suuria kustannuksia. Johdon vastarintaa, potentiaalisia riskejä ja kiinnostuksen puutetta ei koeta yhtä suurena haasteena kuin kustannuksia ja infrastruktuurin saatavuuden puutetta. Teollisen internetin trendin voimakas kasvu alentaa yritysten kokemia haasteita varmasti jokaisella osa-alueella tulevaisuudessa.

3.2.2 Tietoturvallisuus

IIoT trendin myötä järjestelmät ovat täynnä sulautettuja antureita, jotka keräävät suuria määriä kriittistä dataa yritysten eri operaatioista. Kyberturvallisuus on entistä tärkeämpi osa-alue yritysten toiminnassa, koska IIoT-järjestelmiin kohdistunut ilkivalta tai

hyökkäykset voivat tietovuodon lisäksi aiheuttaa fyysistä vahinkoa ja jopa vaaratilanteita ihmisille. Ensimmäisiä onnistuneita hyökkäyksiä teollisuuden ohjausjärjestelmiä vastaan oli "Slammer worm", joka saastutti kaksi kriittistä ydinvoimalan valvontajärjestelmää Yhdysvalloissa 2003. Järjestelmät tietoturvahyökkäyksiä vastaan otetaan monesti käyttöön vasta hetki laitteiston asennuksen jälkeen, joten IloT-järjestelmät ovat monesti haavoittuvaisimmillaan heti käyttöönoton alkuvaiheessa. (Sadeghi et al. 2015)

IloT:n myötä tulleet älykkäät tehtaot sisältävät monia alustoja, joihin liittyy tietoturvariski. Laitteistoon voidaan tunkeutua fyysisesti, mikäli ihmisillä on mahdollisuus päästä laitteistoon käsiksi. CPPS-järjestelmät (Cyber Physical Production Systems) ovat yhteydessä internetiin ja niitä ohjaavia ohjelmistoja voidaan vahingoittaa esimerkiksi saastuttamalla järjestelmät viruksilla. Tietovuotoja voi syntyä myös, jos hyökkääjät pääsevät käsiksi työntekijöiden käyttäjätunnuksiin tai salasanoihin esimerkiksi tietojen kalastelun tai manipuloinnin avulla. (Sadeghi et al. 2015).

Tärkein tavoite teollisuudessa tuotannolla on pitää palvelut avoinna ja ehkäistä tuotannon tarpeettomat keskeytykset. Tietoturvan yksi tärkeimmistä tehtävistä on estää palvelunestohyökkäykset. Ensisijaisen tärkeää on myös ehkäistä järjestelmän viat, jotka voivat johtaa fyysisiin vahinkoihin. Monesti sulautettujen järjestelmien tietoturvasuus on toteutettu erillisen laitteiston avulla, mikä eristää datan ja kriittisen koodin saman alustan ohjelmilta. Yksinkertaisimmillaan sulautettujen järjestelmien eheys varmistetaan siten, että yksittäisten sovellusten koodissa on vain luku mahdollisuus, eli koodi ei ole muutettavissa asennuksen jälkeen. Monimutkaisessa järjestelmässä menetelmä on erilainen. Järjestelmä lähettää raportin sen nykyisestä tilasta toiselle laitteelle samassa järjestelmässä, mikä pystyy varmistamaan sen luotettavuuden. Mikäli raportti ei ole yhtenevä turvalliseksi tiedetyn ohjelmiston kanssa sen toiminta estetään. (Sadeghi et al. 2015).

Weber (2016) on kerännyt vaatimuksia tiedon korkean luotettavuuden varmistamiseksi teollista internetiä käyttäville yrityksille, jotka ovat liittäneet liiketoimintaprosessinsa verkkoon.

1. Vastustuskyky hyökkäyksiä vastaan, eli järjestelmä pystyy jatkamaan toimintaansa, vaikka jokin komponentti lakkaa toimimasta.
2. Datatodennus oikeaksi. Saadut osoitteet ja kohde tiedot täytyy todentaa oikeiksi.
3. Pääsyn kontrollointi. Järjestelmän täytyy pystyä rajoittamaan pääsyä tietoon siten, että vain asianomaiset pääsevät tietoon käsiksi.
4. Asiakkaan yksityisyys. Ainoastaan tiedon tarjoaja pystyy tunnistamaan asiakkaan, keneen tieto liittyy.

Yllä olevat vaatimukset ja tietoturvariskit yleisesti pitäisi ottaa osaksi riskienhallintaa teollista internetiä käyttävissä yrityksissä.

4 VALMET JA TEOLLINEN INTERNET

Tässä osiossa käydään läpi maailman johtavien paperikonetoimittajien teollisen internetin sovelluksia. Vertailemalla yritysten sovelluksia keskenään pyritään löytämään mahdollisia tapoja hyödyntää teollista internetiä Valmetille. Kappaleessa on käytetty julkisesti saatavilla olevaa tietoa yritysten teollisen internetin sovelluksista. Osion tarkoituksena on luoda lukijalle käsitys, kuinka teollista internetiä voitaisiin hyödyntää tehokkaasti paperikoneliiketoiminnassa.

4.1 Valmet yrityksenä

Valmet on maailman johtava automaattioratkaisujen, palvelujen ja prosessiteknologian toimittaja ja kehittäjä paperi-, sellu- ja energiateollisuudelle. Valmetin laajaan teknologiatarjontaan kuuluu sellutehtaat, kartongin-, pehmopaperin- ja paperinvalmistuslinjat ja bioenergiaa tuottavat voimalaitokset (Valmet 2015a). Valmetilla on yli 200 vuoden historia teollisuudessa, yhtiö syntyi uudestaan joulukuussa 2013 kun sellu-, paperi- ja voimantuotantoliiketoiminta irtautui Metso Oyj:stä (Valmet 2015c). Liikevaihto Valmetilla oli vuonna 2015 noin 2,9 miljardia euroa ja yhtiö työllistää noin 12 000 henkilöä ympäri maailmaa. Valmetin osakkeet noteerataan Nasdaq Helsingissä ja yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoossa. Tavoitteena Valmetilla on tulla maailman parhaaksi asiakkaidensa palvelussa (Valmet 2015b).

Valmetin liiketoiminta koostuu viidestä eri liiketoimintalinjasta: palvelut, automaatio, energia, sellu ja paperi. Nämä liiketoimintalinjat voidaan jaotella vakaisiin liiketoimintoihin sekä projektiliiketoimintoihin. Vakaa liiketoiminta, palvelut ja automaatio, kohdistuu stabiilille ja hitaasti kasvaville markkinoille perustuen asennetun laitekannan kokoon ja tehtaiden käyttöasteisiin. Energia, sellu ja paperi liiketoimintalinjat kuuluvat sykliempimpiin ja epävakaisempiin projektiliiketoimintoihin, kuten esimerkiksi uudet kattila- tai tehdasinvestoinnit. Suurimpina kilpailijoita Valmetille paperi-, kartonki- ja pehmopaperiliiketoimialalla ovat yhtiöt A.Celli, Andritz, Bellmer, Toscotec ja Voith, Valmetin ollessa maailman johtava toimittaja. (Valmet 2015a)

Yhtiön toiminta on jaettu maantieteellisesti viiteen eri alueeseen: Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, EMEA, Kiina sekä Tyynenmeren alue. Suurin ja tärkein alue, merkittäväillä palvelu- ja teknologiamarkkinoilla, on EMEA, joka tuottaa liikevaihdosta noin 45 % (noin 1,3 miljardia euroa) ja vuonna 2015 alue työllisti noin 63 % koko henkilöstöstä (noin 7800 henkilöä). Kiinan markkinoilla on suurin sellun ja paperin vuosituotannon kasvu, noin 2.5 %. (Valmet 2015a)

4.2 Teollinen internet paperikoneliiketoiminnassa

Suurimmat paperikoneliiketoimintaa harjoittavat yritykset hyödyntävät kehittyneesti monia teoriaosuudessa tarkasteltuja teollisen internetin sovelluksia ja ilmiöitä. Julkisesti yritykset mainostavat asiakkailleen, että teollisen internetin sovelluksilla on hyvä sijoitetun pääoman tuotto. (Andritz 2016; Valmet 2017a; Voith 2015) Teollisen internetin hyödyntämisestä paperikoneliiketoiminnassa ei ole tieteellistä kirjallisuutta saatavilla. Andritzin, Valmetin ja Voithin kotisivuilla kerrotaan eri tapoja, kuinka he hyödyntävät teollista internetiä nykypäivänä ja minkälaisia palveluja yrityksillä on tarjolla. Yhtiöt pyrkivät integroimaan teollisen internetin palvelut uusiin sekä vanhoihin konelinjastoihin ja palveluihin.

Andritz yhdistää paperikoneisiin termit IoT sekä Industry 4.0, yhtiö hyödyntää muun muassa lisättyä todellisuutta paperikoneisiin liittyvissä palveluissaan, esimerkiksi älylaseja ja tablettia huollon aputyökaluina (Andritz 2016). Valmet käsittelee teollisen internetin hyödyntämistä yleisemmin, datan keräämisen ja optimoinnin muodossa. Valmetin mukaan tärkein teollisen internetin aikaansaama hyöty liittyy juuri tiedon keruuseen ja jakamiseen sekä tuon tiedon hyödyntämiseen asiakkaan eduksi (Valmet 2017a). Voith käyttää termiä "Papermaking 4.0", joka on valittu tarkoituksella viittaamaan teollisen internetin läheiseen termiin Industry 4.0. "Papermaking 4.0" konseptilla tarkoitetaan lisäpalveluita, jotka mahdollistavat paperikoneen optimoinnin ja tehokkaan ennaltaehkäisevän kunnossapidon suuren datamäärän analysoinnin jälkeen (Voith 2015). Voith pitää teollisen internetin vallankumousta erittäin tärkeänä ja yhtiön suurista toimenpiteistä on uutisoitu ympäri maailmaa. Vuonna 2014

joulukuussa Voith osti 25 prosenttia teollisuusrobotteja valmistavasta KUKA yhtiöstä (Payne, W 2015). Reuters (2016) uutisoi viime vuoden toukokuussa Voithin myyneen yhtiön teollisen huoltopalvelun noin 350 miljoonalla eurolla vapauttaakseen pääomaa digitalisaatiota varten, ja kääntääkseen fokuksen teollisen internetin hyödyntämiseen. Andritzin, Voithin ja Valmetin tarjoamia teollisen internetin tarjoomia on koottu taulukoihin 2,3 ja 4.

4.2.1 Andritz ja Voith

Taulukko 2. Andritzin tarjoamat palvelut, jotka hyödyntävät teollista internetiä. (Andritz 2017)

Andritz	
IDEAS simulation	Virtuaalinen kopio koneesta tai tehtaasta. Mahdollistaa tehtaan prosessien dynaamisen simuloinnin ennen tehtaan rakentamista.
PulpVision	Sensoreiden ja tehokkaan tietokoneen avulla sellun laatua monitoroidaan reaaliajassa.
BrainWave ohjain	Paperikoneen ennakoiva monitorointi ja ohjausjärjestelmä. Mittaa vaihtelua tuotannon eri vaiheissa ja optimoi koneen toimintaa.
Resource Management System	Järjestelmä optimaaliseen koneen ajamiseen kustannusten näkökulmasta. Monitoroi tuotantoa ja kustannuksia. Optimoi resurssien käytön.
Advanced condition diagnostics	Tarkkaan mittaamiseen tarkoitettu työkalu. Mittaa mm. kitkaa, muutoksia laakereissa ja voitelussa. Hälyttää kun esimerkiksi laakereiden värähtelystä voidaan ennustaa tuleva laakerivika.

Taulukossa 2 esitetyistä sovelluksista merkittävimpiä ovat IDEAS simulation ja BrainWave ohjain. Andritzin IDEAS simulaattori on asiakkaalle räätälöity virtuaalinen tehdas, mikä mahdollistaa tehtaan simuloinnin ennen tehtaan ostamista. Tehtaan ja prosessien simulointi mahdollistaa työntekijöiden kouluttamisen ennen tehtaan

varsinaista käynnistämistä. IDEAS simulaattori on erityisesti suunniteltu sellutehtaiden simulointiin ja on käytössä noin 80 %:ssa uusista sellutehtaista. Simulaattorin tarkka prosessien mallintaminen perustuu fysiikan ja kemian lainalaisuuksiin. (Andritz 2017). Työntekijöiden kouluttaminen simulaattoreilla lisää turvallisuutta ja varmistaa, että tehdasta ajetaan mahdollisimman tehokkaasti, kun se käynnistetään. Myös uusia työntekijöitä voidaan kouluttaa simulaattorilla tehtaan käynnistyksen jälkeen. Simuloinnin avulla paranneltu tehtaan tehokkuus ja riskien vähentäminen luovat asiakkaalle lisäarvoa.

BrainWave ohjain on kehittynyt ohjauslaite, joka monitoroi koneen prosessien toimintaa ja kehittää omat tarkat mallit sensoreiden tuottaman datan avulla. BrainWave:n kehittämä malli ennustaa tarkasti, kuinka koneen prosessi reagoi eri parametrien muutoksiin (Andritz 2017). Prosessin todellisten syy-seuraus suhteiden määrittäminen mahdollistaa tehokkaan optimoinnin. Kun tunnetaan syvällisesti, miten ja mitkä asiat prosessissa vaikuttavat lopputuotteeseen, pystytään lopputuotteen laatu optimoida halutulla tavalla. Monimutkaisissa ja pitkissä prosesseissa syntyy useasti pullonkauloja ja ovat harvoin täydellisesti optimoituja. Yritykselle suurimman lisäarvon saattaa luoda eri prosessien osaoptimointi, esimerkiksi mahdollisimman laadukas tuote mahdollisimman pienillä kustannuksilla.

Taulukko 3. "Papermaking 4.0" Voithin tarjoamat palvelut, jotka hyödyntävät teollista internetiä. (Voith 2015)

Voith	
OnCare AM	Paperikoneen huollon hallintaohjelma. Tarjoaa suunnittelua, monitorointia, huollon ajoittamista ja kustannusten vertailua.
OnCare CM	Analyyttinen työkalu paperikoneen huoltoon. Huomaa koneen viat ennen niiden syntymistä, jolloin viat voidaan korjata ennen niiden syntymistä.
OnEfficiency	Paperikoneen potentiaalın maksimointiin tähtäävä järjestelmä. Vähentää raaka-aineiden, kemikaalien ja energian käyttöä.

Voith on kehittänyt konseptin "Papermaking 4.0", joka viittaa termiin Industry 4.0. Voithin Papermaking 4.0 -ohjelman tarkoitus on muuttaa paperin valmistusta älykkäämpään suuntaan. Voithin tarjoamia sovelluksia on yllä olevassa taulukossa 3. (Voith 2015) OnCare Järjestelmät tunnistavat toimintahäiriöitä koneissa ennen kuin niistä syntyy ongelmaa. Järjestelmä on asennettavissa olemassa oleviin paperikoneisiin ja sitä on mahdollista käyttää mobiilisovelluksilla. Ohjelmien avulla paperin laatu pysyy hyvänä ja suunnittelemattomien huoltojen määrä vähenee. OnEfficiency järjestelmä vastaa paperikoneen materiaali- ja energiatehokkuudesta.

4.2.2 Valmet

Taulukko 4. Valmetin tarjoamat teollisen internetin palvelut. (Valmet 2017b).

Valmet	
Paikkariippumattomat palvelut	Etätukea, edistynyttä analytiikkaa, suorituskyvyn optimointia ja etäkunnonvalvontaa.
Visualisointi ja analytiikka	Prosessien visualisointi, energian- ja säädönhallinta sekä informaatio ja historia-alustat
Säätö ja instrumentointi	Automaatiojärjestelmä, kamera- ja laatusäätöjärjestelmä sekä dataviestintä
Prosessiteknologia ja asiantuntemus	Teollisen internetin hyödyntäminen sellun, lämmön ja voiman tuotannossa sekä pehmopaperin-, kartongin- ja paperin tuotannossa

Kuten taulukosta 4 huomaa, Valmetin teollisen internetin tarjonta on kattava jokaisella eri liiketoiminta-alueella. Palvelut perustuvat älykkääseen automaatioteknologiaan. Tällä hetkellä Valmetin teollisen internetin hyödyntäminen rajoittuu automatisoituihin koneisiin, joiden prosessit ja liitännät ovat saatavilla teollisen internetin avulla. Tulevaisuudessa Valmet pyrkii kehittämään teollisen internetin hyödyntämistä luomalla infrastruktuurin, jossa eri diagnostiikkatoiminnot ovat osa prosesseja. Yrityksessä tietoturvasta pyritään pitämään erittäin hyvää huolta. Tulevaisuudessa on tavoitteena, että tehtaan toiminta-alusta on internet-teknologiaan perustuva tietoturvallinen palvelu. Yrityksellä on kehityksen alla moderni asiakasportaali, joka sisältää kaikki teollisen internetin palvelut, myös mobiiliversiona. (Valmet 2017b)

Tehokas teollisen internetin hyödyntäminen isossa organisaatiossa, kuten Valmetissa, vaatii joustavan infrastruktuurin, jolloin teknologia ja osaaminen voidaan hyödyntää tehokkaasti. Erityisen tärkeää on oikeanlaisen verkoston luominen organisaation

sisällä, mikä yhdistää avainhenkilöt, johdon tarpeen ja asiakkaan vaatimukset. Verkosto mahdollistaa olosuhteet, missä paperikoneen asiantuntijat ja yrityksen resurssit yhdistämällä löydetään toimivat liiketoimintamallit lisäarvon kasvattamiseksi. Teollisen internetin hyödyntäminen tulisi ottaa huomioon heti paperikoneen tai siihen liittyvän palvelun suunnittelun alkupäässä. Paperikoneen optimoinnissa ja teollisen internetin palveluissa on ensisijaisen tärkeää läpinäkyvä toiminta ja yhteistyö asiakkaan kanssa.

Pilvipohjainen järjestelmä mahdollistaa tuotteen elinkaarihallinnan CL2M-menetelmän mukaan. Paperikoneen elinkaarta voidaan tarkkailla läpinäkyvästi yhteistyössä asiakkaan kanssa. Asianomaiset saavat arvokasta tietoa paperikoneen toiminnasta, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi suunnitteluvaiheessa. Toimiva ja kustannustehokas arkkitehtuurimalli helpottaa teollisen internetin sovelluksien omaksumista osaksi yrityksen toimintaa. Tehokas pilvipalveluja hyödyntävä järjestelmä mahdollistaa lisätyn todellisuuden käytön huollon työkaluna. Lisätyn todellisuuden avulla voidaan myös kouluttaa työntekijöitä ja havainnollistaa asiakkaille paperikoneen toimintaa.

Virtuaalisen mallin luominen, kuten sellutehtaita mallintava IDEAS simulator, mutta vastaava simulaattori mallintamaan paperikoneen toimintaa on mahdollinen lisäys Valmetin teollisen internetin palvelutarjoamaan. Malli mahdollistaisi koneen tarkastelun suunnitteluvaiheessa, vertailun oikeiden prosessien kanssa ja suorituskyvyn tehokkaamman optimoinnin, kun parametrien väliset vaikutukset tunnetaan. Mallin tarjoaminen helpottaa asiakkaiden ostopäätöksen tekemistä ja parantaa luottamusta yritykseen. Nykyaikaisen paperikoneen modulaarisuus yksinkertaistaa mallin rakentamista, koska virtuaalisia moduuleja ei tarvitse rakentaa jokaiselle komponentille uudestaan.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Teollinen internet yhdistää teollisuuden tuotantolaitteiston internetin välityksellä tietojärjestelmiin, minkä avulla tuotantoprosessista, koneista ja tuotteista saadaan tietoa. Tämä tieto mahdollistaa prosessien ja ominaisuuksien optimoinnin tuottavuuden kasvattamiseksi. Teollista internetiä voidaan hyödyntää kaikissa tuotteen elinkaaren vaiheissa. Tuotteista voidaan tehdä virtuaalisia kopioita, joiden toimintaa voidaan mallintaa ennen tuotteen valmistamista. Esimerkiksi paperikoneen toiminnan mallintaminen ennen sen valmistamista voi auttaa vikojen löytämisessä ja työntekijöiden kouluttamisessa. Ongelmien tunnistaminen etukäteen helpottaa myöhempiä työskentelyä ja pienentää yrityksen toiminnan kustannuksia.

Koneista ja prosesseista kerättyä suurta datamäärää kutsutaan Big Dataksi. Dataa analysoimalla voidaan koneita säätää toimimaan tehokkaammin tai algoritmit voivat säätää koneita automaattisesti sen hetkisten parametrien arvojen perusteella. Paljon materiaalia ja energiaa käyttävillä paperikoneilla optimoinnilla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä. Anturit voivat kerätä dataa myös eri komponenttien kunnosta. Historiatietojen ja datan perusteella voidaan ennakoivaa analytiikkaa hyödyntämällä havaita, milloin komponentti on hajoamassa ja vaihtaa se suunniteltujen huoltojen yhteydessä ennen kuin se aiheuttaa vahinkoa.

Antureilla kerättyä dataa tulee suuria määriä ja datan analysoiminen vaatii paljon laskentatehoa. Pilvipalvelut ovat yksi ratkaisu datan varastoinnin ja laskennan haasteisiin. Pilvipalveluiden avulla tieto on saatavilla internetin välityksellä. Tallennustila ja laskentateho skaalautuvat tarpeen mukaan. Tieto on turvassa, vaikka paikallinen kovalevy hajoaa. Tiedon saatavuus internetissä luo tietoturvariskejä, mitkä on huomioitava yritysten riskienhallinnassa.

Teollisen internetin eri menetelmiä hyödynnetään jo monilla eri toimialoilla. Seuraava askel teollisen internetin hyödyntämisessä on CPS. Järjestelmistä halutaan entistä omatoimisempia ja itseoppivia. Järjestelmien odotetaan tulevaisuudessa pystyvän

toimimaan, optimoimaan prosesseja ja kommunikoimaan keskenään lähestulkoon ilman ihmisten väliintuloa.

Paperikoneliiketoiminnassa jo käytössä olevia sekä potentiaalisia mahdollisuuksia hyödyntää teollista internetiä ovat prosessien optimointi, virtuaaliset mallit koneista, ennakoiva huolto, koneiden automaattinen ajaminen, lisätty todellisuus huollon aputyökaluna ja pilvipalveluiden käyttöönotto. Optimoinnin apuna voidaan käyttää virtuaalisia malleja, joita voidaan hyödyntää muun muassa paperikoneen suorituskyvyn vertailussa sekä työntekijöiden koulutuksessa. Osien hajoaminen voidaan ennustaa ennakoivan analytiikan menetelmillä, mikä mahdollistaa osien vaihdon suunniteltujen seisokkien aikana ennen kuin osan rikkoutuminen aiheuttaa vahinkoa. Osien vaihdossa voi huoltotyöntekijä käyttää apunaan älylaseja, mitkä voivat näyttää esimerkiksi tietoja komponenttien kunnosta. Paperikoneen automaattinen ajaminen ja optimointi ovat tehokkaampaa, mikäli prosessien syy-seuraussuhteet ymmärretään riittävällä tasolla, jolloin kone voidaan ohjelmoida muuttamaan ajoasetuksia automaattisesti sen hetkisten parametrien arvojen mukaan. Paperikoneesta saadun datan tiedonsiirto voidaan toteuttaa langattomasti ja tiedon varastointi sekä laskenta tehdä pilvessä. Pilvipalvelut ovat kustannustehokas ja käytännöllinen tapa varmistaa tilan sekä laskentatehon riittävyys suuria datamääriä tuottavan yrityksen toiminnassa. Paperikoneiden suuren energian ja materiaalin kulutuksen johdosta voi pienetkin parannukset tehokkuudessa johtaa merkittäviin säästöihin. Voith (2015) uskoo, että teollisen internetin sovelluksilla voidaan nostaa paperikoneiden tuottavuutta ja laskea kustannuksia jopa 10 %.

Merkittävimpiä haasteita paperikoneliiketoiminnan teollisen internetin käyttöönotolle ovat investointien tuottamat hyödyt verrattuna kustannuksiin sekä tietoturvariskit. Valmistajat mainostavat teollisen internetin järjestelmien yhteensopivuutta olemassa oleviin järjestelmiin, joten olemassa olevan infrastruktuurin puute ei ole paperikoneliiketoiminnassa kovin merkittävä ongelma. Järjestelmät ovat kalliita, eikä voida olla varmoja saadaanko tuotantoa optimoitua niin, että se maksaisi investoinnista aiheutuvat kulut järkevässä ajassa. Paperikoneiden virtuaalinen mallintaminen voi auttaa investointien kannattavuuden selvittämisessä. Tietoturvariskit ovat merkittävä

tekijä, koska kilpailu on kovaa ja kriittisen tiedon häviäminen tai joutuminen väärin käsiin voi olla epäedullista yrityksille. Koneiden yhteys internetiin luo riskin myös vahingoille ilkeiden tai rikosten seurauksena, mikä voi johtaa koneiden vioittumiseen tai ihmisten vahingoittumiseen. Koneiden toiminta ja järjestelmien tietoturvasuus tulee huomioida käyttöönoton yhteydessä. Haasteista huolimatta yritysten täytyy pystyä vastaamaan teollisuudessa tapahtuviin muutoksiin ja pyrkiä hyödyntämään tuottavuutta lisääviä teknologioita kannattavuuden säilyttämiseksi. Organisaatioissa voi olla erilaisia käsityksiä teollisen internetin tarpeellisuudesta, mutta monet uskovat, että yrityksen pärjääminen tulevaisuudessa edellyttää TI-sovelluksien käyttöönottoa.

LÄHTEET

KIRJAT JA ARTIKKELIT

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M & Rosenberg, M. 2014. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*. Vol 8, nro. 1, s. 37-44.

Chen, M., Mao, S. & Liu Y. 2014. Big Data: A Survey. *ACM/Springer Mobile Networks and Applications*. Vol. 19, nro. 2, s. 171-209.

Jia, X., Feng, O., Fan, T. & Lei, Q. 2012. RFID technology and its applications in internet of things (IoT). *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. s. 1282-1285.

Juhanko, J., Jurvansuu, M., Ahlqvist, T., Ailisto, H., Alahuhta, P., Collin, J., Halen, M., Heikkilä, T., Kortelainen, H., Mäntylä, M., Seppälä, T., Sallinen, M., Simons, M. & Tuominen, A. 2015. Suomalainen teollinen internet - haasteesta mahdollisuudeksi: taustoittava kooste. Helsinki: Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA. 64 s.

Kiritsis, D. 2011. Closed-loop PLM for intelligent products in the era of the Internet of Things. *Computer Aided-Design*. s. 479-501.

Kranenburg, R. 2007. The Internet of Things: A Critique of Ambient Technology and the All-Seeing Network of RFID. Amsterdam: Institute of Network Cultures. 60 s.

Lee, J., Kao, H-A. & Yang, S. 2014. Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*. Vol 16, nro. 1, s. 3-8.

Li Da, X., Wu, H. & Shancang, L. 2014. Internet of Things in Industries: A Survey. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. Vol 10, nro. 4, s. 2233-2243.

MacDougall, W. 2014. *Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future*. Berlin: Germany Trade and Invest. 39 s.

Mell, P. & Grance, T. 2011. *The NIST Definition of Cloud Computing*. Yhdysvallat: National Institute of Standards and Technology (NIST). Tiedote 800 - 143.

Sadeghi, A-H., Wachsmann, C. & Waidner, M. 2015. *Security and Privacy Challenges in Industrial Internet of Things*. Institute of Electrical and Electronics Engineers. 52nd Design Automation Conference (DAC), June 8 - 12, San Francisco, CA.

Salo, I. 2014. *Big data & pilvipalvelut*. Jyväskylä: Docendo Oy. 186 s.

Silva, A., Ohta R., Santos M. & Binotto, A. 2016. *A Cloud-based Architecture for the Internet of Things targeting Industrial Devices Remote Monitoring and Control*. *International Federation of Automatic Control-PapersOnLine*. Vol 49, nro. 30, s. 108-113.

Stark, J. 2015, *Product Lifecycle Management*. Switzerland: Springer International Publishing. 356 s.

Stock, T. and Seliger, G. 2016. *Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0*. *Procedia CIRP*. s. 536-541.

Sun, Y., Yan H., Lu, C., Bie, R., & Thomas, P. 2012. *A holistic approach to visualizing business models for the internet of things*. *Communications in Mobile Computing*. s. 1-7.

Valmet. 2015a. *Vuosikatsaus 2015*. Espoo, Valmet Oy.

Westerlund, M., Leminen, S. & Rajahonka, M. 2014. *Designing Business Models for the Internet of Things*. *Technology Innovation Management Review*. s. 5-14.

VERKKOLÄHTEET

Andritz. 2017. Automation downloads. [WWW-dokumentti]. [viitattu 24.3.2017].

Saatavissa:

<http://www.andritz.com/no-index/automation/automation-download.htm>

Andritz. 2016. Industrial IoT Solutions. [WWW-dokumentti]. [viitattu 15.2.2017].

Saatavissa:

<http://www.andritz.com/products-and-services/pf-detail?productid=43232>

Ashton, K. 2009. That 'Internet of things' Thing. *RFID Journal LLC*. [WWW-

dokumentti]. [Viitattu 3.3.2017]. Saatavissa: [http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-](http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf)

[That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf](http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf)

Assembly. 2012. Automation Profiles: Robots Help Philips Shave Assembly Costs.

[WWW-dokumentti]. [Viitattu 15.2.2017]. Saatavissa:

<http://www.assemblymag.com/articles/90173-automation-profiles--robots-help-philips-shave-assembly-costs->

Blanchette, B. 2016. How to implement the Industrial Internet of Things. [WWW-

dokumentti]. [Viitattu 22.3.2017]. Saatavissa: [http://www.controleng.com/single-](http://www.controleng.com/single-article/how-to-implement-the-industrial-internet-of-things/ff9bd3203f1895a7e5bcea111b9a7d67.html)

[article/how-to-implement-the-industrial-internet-of-things/ff9bd3203f1895a7e5bcea111b9a7d67.html](http://www.controleng.com/single-article/how-to-implement-the-industrial-internet-of-things/ff9bd3203f1895a7e5bcea111b9a7d67.html)

Hewlett-Packard. 2004. Information: the currency of the digital age. [WWW-

dokumentti]. [Viitattu 22.3.2017]. Saatavissa:

<http://www.hp.com/hpinfo/execteam/speeches/fiorina/04openworld.html>

Hoske, M. 2016. Quantified benefits of Industrial Internet of Things implementations.

[WWW-dokumentti]. [Viitattu 22.3.2017]. Saatavissa:

<http://www.controleng.com/single-article/quantified-benefits-of-industrial-internet-of-things-implementations/a151db071724d2ce216b34b0ef3362bc.html>

Industrial Internet Now. 2017. Think beyond the cloud - How platform players can prepare for the next phase of the IoT. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 22.3.2017].

Saatavissa:

<http://industrialinternetnow.com/think-beyond-cloud-platform-players-can-prepare-next-phase-iot/>

Laros, S. 2016. 5 Examples of How the Industrial Internet of Things is Changing Manufacturing. [WWW-dokumentti]. [viitattu 22.3.2017]. Saatavissa:

<http://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/13321/5-Examples-of-How-the-Industrial-Internet-of-Things-is-Changing-Manufacturing.aspx>

Neubert, R. 2016. IIoT offers economic, operational benefits. [WWW-dokumentti].

[viitattu 22.3.2017]. Saatavissa: <http://www.plantengineering.com/single-article/iiot-offers-economic-operational-benefits/8609f851d69a7429c0ea7c9b59f0580f.html>

Payne, W. 2015. Voith sells service business to focus on Industrial Internet. [WWW-dokumentti]. [viitattu 15.2.2017]. Saatavissa:

<http://www.iotm2mcouncil.org/industrialinternet>

Reuters. 2016. Voith sells industrial services unit to buyout group Triton. [WWW-dokumentti]. [viitattu 15.2.2017]. Saatavissa:

<http://www.reuters.com/article/voith-divestiture-idUSFWN1860H7>

Redshift. 2015. Lights-Out Manufacturing: Future Fantasy or Good Business?. [WWW-dokumentti]. [viitattu 15.2.2017]. Saatavissa:

<https://redshift.autodesk.com/lights-out-manufacturing/>

Tikka T. 2015. Teollinen internet – mikä se on. [WWW-dokumentti]. [viitattu 15.2.2017].

Saatavissa: [http://www.tivi.fi/Kumppaniblogit/tieto/2015-04-22/Teollinen-internet---](http://www.tivi.fi/Kumppaniblogit/tieto/2015-04-22/Teollinen-internet---mik%C3%A4-se-on-3220230.html)

[mik%C3%A4-se-on-3220230.html](http://www.tivi.fi/Kumppaniblogit/tieto/2015-04-22/Teollinen-internet---mik%C3%A4-se-on-3220230.html)

Valmet. 2017a. Improved performance with industrial internet - already today. [WWW-dokumentti]. [viitattu 15.2.2017]. Saatavissa:

<http://www.valmet.com/services/industrial-internet/>

Valmet. 2017b. Valmetin teollisen internetin tarjoama. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 23.3.2017]. Saatavissa:

<http://www.valmet.com/fi/palvelut/kartonki--ja-paperitehtaat/industrial-internet-and-remote-solutions/teollisen-internetin-tarjooma/>

Valmet. 2015b. Valmet yrityksenä. [WWW-dokumentti]. [viitattu 14.2.2017]. Saatavissa

<http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/>

Valmet. 2015c. Valmet lyhyesti. [WWW-dokumentti]. [viitattu 15.2.2017]. Saatavissa

<http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

Voith. 2015. Papermaking 4.0 by Voith. [WWW-dokumentti]. [viitattu 15.2.2017].

Saatavissa:

https://www.voith.com/en/markets-industries/industries/paper/twogether-online/article_66318.html

we.CONECT. 2017. INDUSTRY OF THINGS WORLD USA - SURVEY REPORT 2017. [WWW-dokumentti]. [viitattu 14.3.2017]. Saatavissa:

http://industryofthingsworldusa.com/cms/media/uploads/events/3755/dokumente/formular/Industry_of_Things_World_USA_2017-Survey_Report.pdf

Winters, B. & Leclerc, F. A Real-World Approach to the IIoT for Process Reliability. 2017. [WWW-dokumentti]. [viitattu 14.3.2017]. Saatavissa:

https://www.honeywellprocess.com/en-US/online_campaigns/IIOT/Pages/new-IIoT.html