

Alexi Heimovesa

Teollinen internet

Teoria ja käytäntö

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

31.10.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Aleksi Heimovesa Teollinen internet Teoria ja käytäntö 40 sivua 31.10.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Koneautomaatio
Ohjaaja	Lehtori Heikki Paavilainen
<p>Insinööriyössä selvitettiin teollisen internetin keskeisimpiä käsitteitä ja ilmiöitä sekä teoreettisesti että käytännön projektin kautta. Työssä hyödynnettiin Beckhoff Automationin sulautettua tietokonetta CX5130. Työssä pyrittiin rakentamaan kunnonvalvontajärjestelmä, jonka piti pystyä lähettämään reaaliaikaisesti mittausdataa anturilta internetiin. Projektin tarkoituksena oli havainnollistaa teollisen internetin mahdollisuuksia ja hyötyjä.</p> <p>Työssä perehdyttiin ensin teollisen internetin kirjallisuuteen, signaalinkäsittelyyn ja TwinCat ADS -reititinjärjestelmään. Hyödyntämällä Beckhoff Automationin esimerkkiohjelmia pystyttiin rakentamaan mittausdatasta visualisointi, joka oli luettavissa kaikilla yleisimmillä laitteilla verkkoselaimen välityksellä. Signaali käsiteltiin ensin Beckhoff TF3600 Condition Monitoring -kunnonvalvontakirjaston avulla ja sen tulokset visualisoitiin kahdella eri tavalla. Visualisointitavat olivat WebVisualization sekä Twincat ADSWebService. Molemmissa tavoissa hyödynnettiin sekä html että JavaScript ohjelmointia WebVisualizationin ollessa käyttäjäystävällisempi.</p> <p>Mittausdatan tallennus pilveen jätettiin toteuttamatta, koska siihen on tulossa lähiaikoina parempia työkaluja. Pilvitallentaminen olisi vaatinut oman ohjelmiston rakentamista sekä erinäisten ulkopuolisten ohjelmistojen hyödyntämistä, mutta järjestelmä haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena.</p> <p>Twincat ADS reititinjärjestelmän hyödyntäminen vaatii vahvaa perehtymistä aiheeseen sekä valitun ohjelmointikielen osaamista. Se mahdollistaa kuitenkin logiikkaohjelman arvojen noutamisen ja hyödyntämisen ulkopuolisissa ohjelmissa.</p>	
Avainsanat	Teollinen internet, ADS, WebService, WebVisualization

Author Title Number of Pages Date	Aleksi Heimovesa Industrial Internet Theory and Practice 40 pages 31 October 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Automation
Instructor	Heikki Paavilainen, Senior Lecturer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to examine the major concepts and phenomena of the Industrial Internet theoretically and in practice. Beckhoff Automation's Embedded system CX 5130 was used in this thesis. The goal was to build a condition monitoring system, which could send data from the sensor in real time to the Internet. The purpose of the thesis was to illustrate the possibilities and benefits of the Industrial Internet.</p> <p>To start with, Industrial Internet, signal processing and TwinCat ADS interface literature were studied. By using Beckhoff Automation's examples, it was possible to build visualization from the signal data. The visualization was readable from all the common devices through the web browser. Firstly, the signal was analyzed with the help of Beckhoff's TF3600 condition monitoring library. Then the results were visualized using two different approaches. The visualization styles were WebVisualization and Twincat ADS Web-Service. Html and JavaScript programming were used to build these user interfaces, WebVisualization being more user friendly.</p> <p>However, it was not possible to save the signal data on the cloud system. The Industrial Internet solutions of the Beckhoff Automation were not published during the time of thesis. Therefore, saving the data on the Internet would have needed a large amount of programming work and would have also needed the use of external software.</p> <p>It was found out that the use of the TwinCat ADS interface would require serious programming knowledge. By using the TwinCat ADS interface it is possible to build a system that could retrieve variables from PLC. This data can also be used in external software.</p>	
Keywords	Industrial Internet, ADS, WebService, WebVisualization

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Käsitteet ja ilmiöt	1
2.1	Teollinen internet	1
2.2	IoT esineiden internet	2
2.3	Industrie 4.0	4
2.4	Big data	6
3	Teollisen internetin tuomat hyödyt ja mahdollisuudet	7
4	Teollisen internetin haasteet ja uhat	11
4.1	Tietoteknologian ja operatiivisen teknologian yhteensulautuminen	11
4.2	Standardointi	12
5	Teollisen internetin turvallisuus	12
6	Teollisen internetin mahdollistava teknologia	14
6.1	Teknologian tasot	14
6.2	Sensorit ja tietoliikenne	15
6.2.1	Sensorit	15
6.2.2	Tietoliikenne	16
6.3	Analysointi ja tiedon tallentaminen	18
6.3.1	Tietokannat	18
6.3.2	Pilvipalvelut	18
6.3.3	Analysointi	19
6.4	Sovellukset ja digitaalinen palvelu	20
6.4.1	Sovellukset	20
6.4.2	Digitaaliset palvelut	21
7	Teollisen internetin kunnonvalvontasovellusten käyttöönotto	22
7.1	Laitteisto	22
7.1.1	CX5130 sulautettu tietokone	22
7.1.2	EL3632 tulo/lähtö-terminaali	23
7.1.3	Pietsosähköanturi	24

8	Ohjelmisto	24	
	8.1.1	TF3600 Condition Monitoring Level 1 -kirjasto	24
	8.1.2	PLC HMI Web	26
	8.1.3	Tiedon tallentaminen	30
9	Tiedonsiirto ADS -reititinjärjestelmässä	31	
	9.1	TwinCAT ADS	31
	9.2	Laitteen käyttäminen palvelimena	32
	9.2.1	TcAdsWebService.dll tiedoston määrittäminen	32
	9.3	WebService	33
	9.3.1	WebServicen Asetukset	33
	9.3.2	WebServicen Käyttö	35
10	Yhteenveto ja pohdinta	39	
	Lähteet	41	

## Lyhenteet

Big data	Erittäin suurten tietomassojen keräämistä, hyödyntämistä ja niiden analysointia matemaattisesti.
Data	Data on laitteesta kerättyä informaatiota, jota voidaan hyödyntää jossakin muussa palvelussa.
HTML	Hypertext Markup Language eli hypertekstin merkintä kieli. Internetsivustojen tyypillisin ohjelmointikieli.
IloT	Industrial Internet of Things, eli teollinen esineiden internet. Suomen sanaa teollinen internet voidaan pitää lyhennelmänä tästä amerikkalaisesta termistä. Kuvaa teollisen internetin suhdetta esineisiin tai asioihin.
Industrie 4.0	Saksan valtion hanke Industrie 4.0 eli Teollisuus 4.0, jonka tarkoituksena on soveltaa teollista internetiä valmistavassa teollisuudessa.
IoT	Internet of Things, eli esineiden internet tarkoittaa laitteita, jotka on liitetty maailmanlaajuiseen verkkoon välittäen itsestään jatkuvasti dataa.
JavaScript	Komentosarjakieli, joka mahdollistaa internetsivuille dynaamista toiminnallisuutta.
Pilvi	Pilvipalvelu tarkoittaa internetissä tapahtuvaa tietotekniikkaa esim. anturista saatavan tiedon tallentamista internetpalvelimelle.

## 1 Johdanto

Teollinen internet on voimakkaasti esillä oleva ilmiö. Siitä povataan jopa uutta teollista vallankumousta. Kiteytettynä teollisessa internetissä on kyse verkkoon kytketyistä laitteista, joiden antureiden dataa voidaan analysoida ja jatkojalostaa digitaalisiksi palveluiksi muodostaen täysin uusia liiketoimintamalleja.

Teollinen internet elää tällä hetkellä murroskauttaan. Anturiteknikoiden halventuessa ja tiedonsiirtonopeuksien kasvaessa sen käyttöönotto on merkittävästi halventunut. Sen tuomat edut ovat merkittäviä. Se tuo yrityksille kasvua ja parantaa kilpailukykyä.

Teollisella internetillä on kuitenkin edessään haasteita ennen kokonaisvaltaista laitteiden verkottumista. Suurimpana hidasteena pidetään tietoturvaa. Yrityksissä vallitsee pelko avoimuuden tuomista haitoista. Teollisen internetin standardointi hankkeet ovat vielä kesken, joten valmiita malleja ei ole saatavilla.

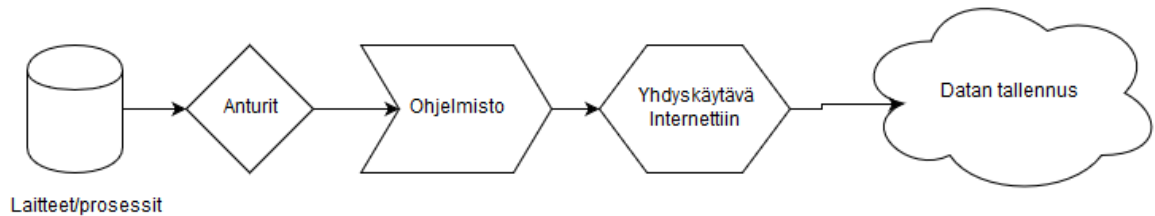
Tämän insinööriyön tarkoituksena on selventää teollisen internetin käsitteitä ja ilmiöitä. Teoria osuuden lisäksi havainnollistetaan käytännön projektin kautta teollisen internetin käyttöönottoa. Projektin tarkoituksena on rakentaa tärinämittalaite, joka lähettäisi internetiin reaaliaikaisesti dataa, mikä olisi luettavissa mahdollisimman monella eri alustalla.

## 2 Käsitteet ja ilmiöt

### 2.1 Teollinen internet

Teollinen internet tarkoittaa teollisuuden laitteita ja prosesseja, jotka on älykkäiden antureiden avulla kytketty internetiin. Näin laitteita ja prosesseja voidaan analysoida ja etävalvoa. Puhuttaessa teollisesta internetistä pinnalle nousevat usein termit ”IoT” eli esineiden internet, ”Industry 4.0” tai Big data. Nämä ilmiöt ovat läheisesti teolliseen internetiin liittyviä, mutta ne ovat omia kokonaisuuksiaan ja niitä voidaan pitää hyvin samankaltaisina kuin teollista internetiä. Teollinen internet on kuitenkin selvästi yritysten sisäinen älykkäiden laitteiden ja sensoreiden muodostava verkko, jossa internetrajapinnan avulla voidaan analysoida dataa ja ennakoida sen perusteella. Sen lähtökohta

on siis yrityksen tarpeet, kun taas esineiden internetin voidaan kuvitella lähtökohtaisesti palvelevan kuluttajan tarpeita. Sen takia parempana terminä voidaan pitää ”IIOT” eli ”Industrial Internet of Things”. Kuvassa 1 on havainnollistettu teollisen internetin tiedon virtausta. [1, s. 3 – 6 ; 6, s.17 – 27. ]



Kuva 1. Teollinen internetin tiedon virtaus

Teollisen internetin eteenpäin viemänä voimana voidaan pitää lisääntyneitä tiedonkäsittelyn nopeutta, antureiden alentuneita hintoja ja niiden parantunutta saatavuutta. Vanhoihin laitteistoihin on myös entistä edullisempaa asentaa erilaisia sulautettuja järjestelmiä, joiden avulla laitteet voidaan kytkeä internetiin. Teknologiset perusratkaisut ovat olleet saatavilla jo pitkään, mutta vasta viime vuosina niiden hinnat ovat tulleet kohtuullisemmiksi. Kuitenkin Forresterin tutkimuslaitoksen vuonna 2013 teettämän tutkimuksen mukaan vain alle puolet yrityksistä on halukkaita ottamaan teollisen internetin sovelluksia käyttöön. Suurimpina esteinä käyttöönnotolle pidettiin tietoturvakysymyksiä sekä kustannuksia ja heti näiden jälkeen uuden teknologian epävarmuutta. [2, s. 29. ]

Teollista internetiä voidaan pitää teollisuuden kolmantena tai neljäntenä vallankumouksena lähteestä riippuen. Sitä voidaan pitää joko uhkana tai mahdollisuutena. Se tulee varmasti vähentämään työpaikkojen määriä automatisoimalla entisestään erilaisia prosesseja ja poistamalla ihmisten tekemiä työvaiheita, mutta samalla se luo uusia työpaikkoja eri sovellusaloille kuten esimerkiksi datan analysointiin. Teollisella internetillä on edessään vielä useita ongelmia ja haasteita ennen kokonaisvaltaista yritysten verkottumista. [1, s. 4. ]

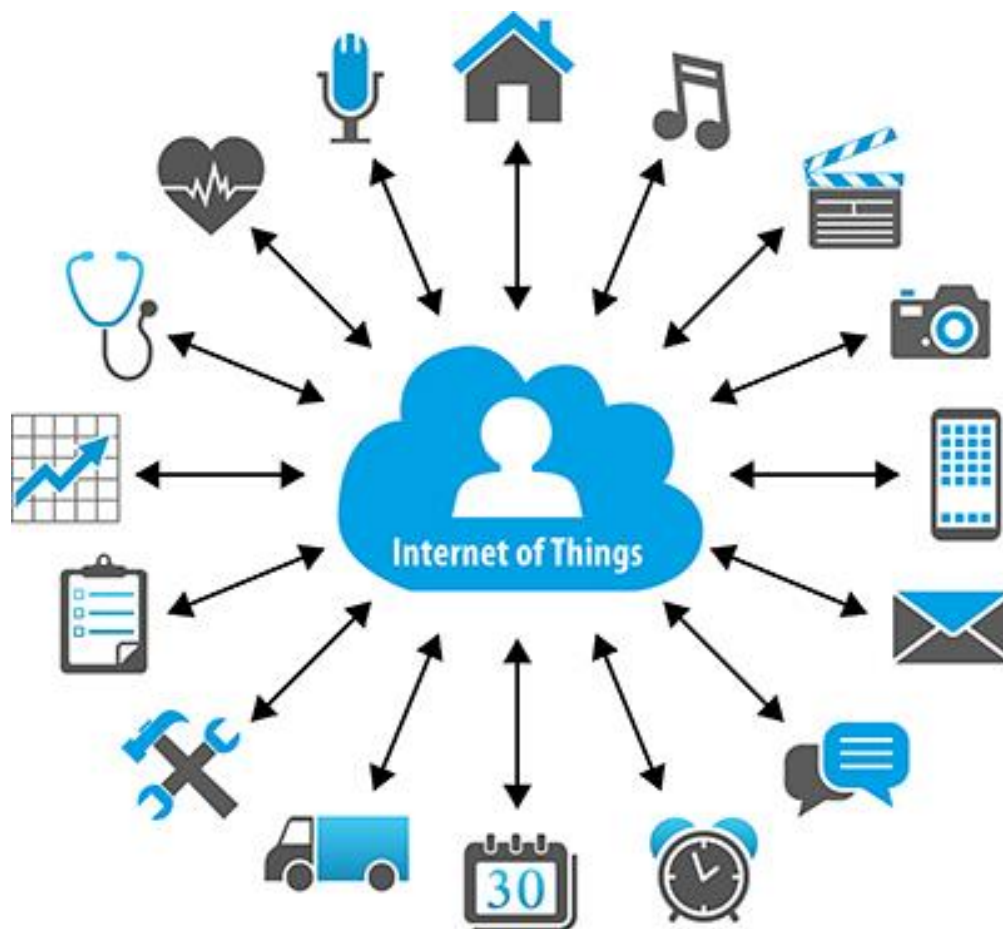
## 2.2 IoT esineiden internet

Esineiden internet on hyvin samankaltainen ilmiö kuin teollinen internet, mutta pääero-  
na voidaan pitää esineiden internetin suuntautumista enemmän lopputuotteisiin ja ku-



luttajalaitteisiin (kuva 2). Esineiden internetin voidaan ajatella lähtevän kuluttajien tarpeista. Siinä painopiste on enemmän edullisissa ja nopeissa anturointitavoissa. Kuluttajien laitteista kerätään ja analysoidaan dataa, jota käytetään tuotteiden jatkokehittelyyn ja oheispalveluihin. Goldman Sachs'n näkemyksen mukaan voidaan kuvitella teollisen internetin oleva yksi esineiden internetin sovellutusalueista. Esineiden internet voidaan taas jakaa Goldmanin näkemyksen mukaan neljään eri alueeseen:

- verkkoon kytketyt puettavat laitteet
- verkkoon kytketyt kodit
- verkkoon kytketyt kaupungit
- verkkoon kytketyt autot.



Kuva 2. Esineiden internet [9]

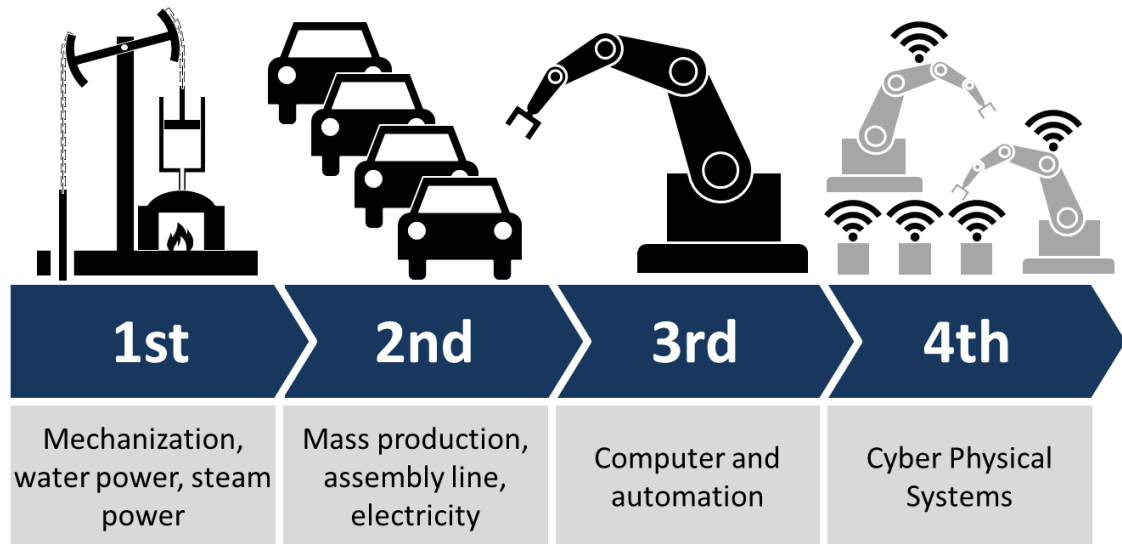
Esineiden internet ei ole ainoastaan tulevaisuuden ilmiö, vaan se on jo vahvasti esillä kuluttajalaitteissa. Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää etäluettavia sähkömittareita. IoT mahdollistaa sähkömittarin lukeman tarkistamisen ilman käyntiä itse kohteessa, mutta sen lisäksi sitä käytetään verkon vikadiagnostiikkaan. Jos mittari mennään kytkemään pois päältä, se antaa sähkölaitokselle ilmoituksen viasta. IoT ei siis ole vain tulevaisuuden haavekuva vaan se on jo osa yhteiskuntaa. [2, s. 10 – 12. ]

Kyse on siis laitteista, jotka kykenevät mittaamaan ympäristönsä ilmiöitä ja viestimään ja toimimaan havaintojensa perusteella. Perusedellytyksenä, kuten teollisessa internetissä ovat anturit, ohjelmistot, sekä tietoliikenneyhteydet. Yksi suurimpia esineiden internetin mahdollistajia ovat RFID-teknologia (Radio-Frequency identification). RFID-teknologia ei ole mikään uusi ilmiö, mutta sen sovellutukset ovat menneet kokoajan huimasti eteenpäin. RFID-tunnisteet mahdollistavat automaattisen etätunnistamisen. Niiden lukeminen ei vaadi suoraa näköyhteyttä itse siruun. Esimerkiksi Apple-pay palvelussa on käytössä ”maksu koskettamalla”, eli käyttäjä voi suorittaa maksun tuomalla laitteensa lähelle maksupäätettä. [1, s. 13; 2, s. 18; 6, s. 180. ]

On arvioitu, että vuonna 2015 on lähes 5 miljardia laitetta kytkettynä verkkoon. Määrän oletetaan kasvavan 25 miljardiin laitteeseen vuoteen 2020 mennessä. [2, s. 10 – 11. ]

### 2.3 Industrie 4.0

Puhuttaessa teollisesta internetistä nousee esille käsite industrie 4.0, joka tarkoittaa teollisuuden neljättä vallankumousta. Se on Saksan opetus- ja tutkimusministeriön kärkihanke, jossa teollisella internetillä on suuri rooli. Siinä teollinen internet nivoutuu suureksi asiakkaiden, alihankkijaverkostojen ja valmistusjärjestelmien yhteenliittymäksi. Kuvassa 3. on havainnollistettu teollisia vallankumouksia, missä industrie 4.0 on neljäs teollinen vallankumous. [1, s. 4; 6, s. 37 – 40. ]



Kuva 3. Teolliset vallankumoukset [10]

Ensimmäisenä teollisena vallankumouksena voidaan pitää höyryvoimaa, joka mahdollisti tuotteiden nopeamman valmistamisen ilman ihmisvoimaa. Toisena voidaan pitää massatuotantoa ja sähköistymistä. Kolmas on teollinen internet, tietokoneistuminen ja automaatio. Neljäntenä askeleena ovat älykkäät laitteet, jotka kykenevät omiin johtopäätöksiin ilman ihmisen väliintuloa. [1, s. 4; 6, s. 37 – 40. ]

Industrie 4.0 vaatii ympärilleen valtavan teollisen internetin, jossa kaikki laitteet ovat sidoksissa toisiinsa. Voidaan kuvitella esimerkiksi kaupan hylly, joka aistii kun hyödyke nostetaan hyllyltä. Tämän perusteella tehdään tilaus valmistajalle ja kaikille tuotantoketjussa oleville, jotka toimittavat uuden hyödykkeen jälleenmyyjälle. Näin kaupan hyllyt pysyvät aina täysinä. [1, s. 4; 6, s. 37 – 40. ]

Teollisuus 4.0 tulee vähentämään tiettyjen työpaikkojen tarpeita, mutta luo vastaavasti uusia työpaikkoja eri alueille. Näin on käynyt jokaisen teollisen vallankumouksen kohdalla. Teollisuus 4.0 tekee vasta tuloaan, eikä se ole kaikkien tuottajien saatavilla. Kehityshankkeita on käynnissä, mutta lisävauhtia tarvitaan. [1, s. 4; 6, s. 37 – 40. ]

## 2.4 Big data

Big datassa kyse on massiivisten tietomäärien säilyttämisestä, sekä niiden muokkaamisesta ja analysoinnista. Mitään yksiselitteistä määritelmää Big datalle ei ole vielä muodostunut, mutta kaikille määritelmille yhteistä on valtaviin tietomääriin kerääminen. Dataa saatetaan kerätä talteen, vaikka sille ei vielä tiedettäisi käyttötarkoitusta. (kuva 12). [11, s. 162 – 167. ]



Kuva 4. Big data [12. ]

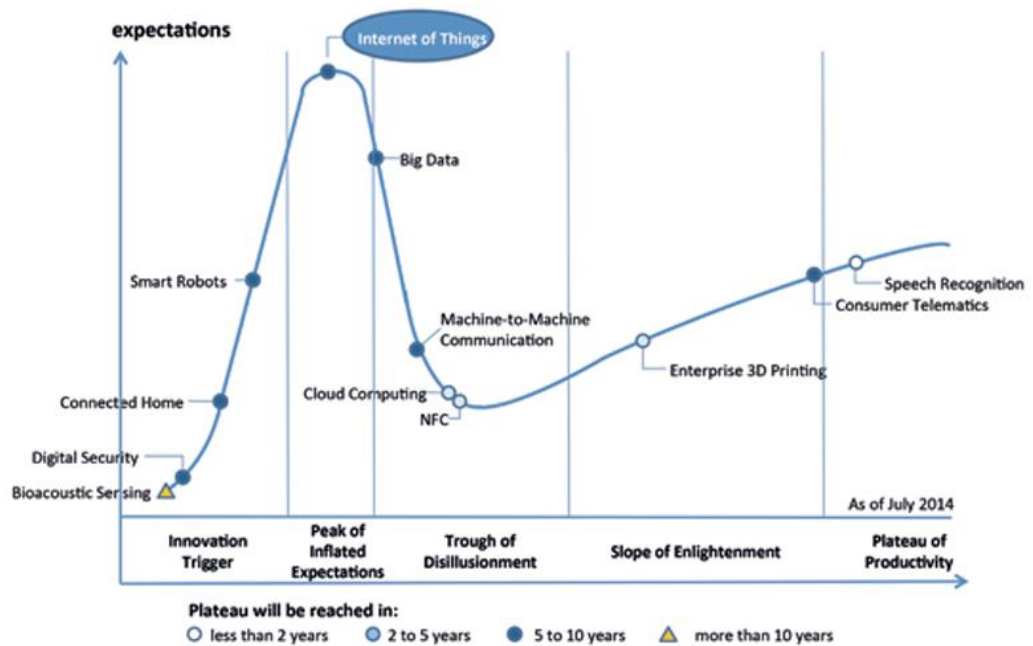
Big datasta on olemassa eri hahmotelmia kuten Big data ABC ja Big data 4V. Big data ABC on NetApp -yrityksen näkemys Big datasta. Yritykset saavat kokoajan valtaisia määriä dataa toiminnoistaan. Tiedon ollessa usein strukturoimatonta, sekä muutakin kuin tekstiä ja numeroita, on sen käsittely hyvin hankalaa. Big data on vastaus tällaisten tietojen analysointiin (Analytics), tiedonsiirtoon (Bandwidth) sekä sisällönhallintaan (Content). Puhuttaessa Big datan neljästä v:stä tarkoitetaan sanoja Volume, Variety, Velocity ja Verification. Volume viittaa datan suureen määrään ja sen hallinointiin. Verification viittaa käyttökelpoisen datan erottamiseen ja sen turvalliseen säilyttämiseen. Velocityssä on kyse datan analysoinnista. Variety taas tarkoittaa datan erilaisia muotoja. [11, s. 162 – 167. ]

Big datan käyttöönotto on tälläkin hetkellä edelleen hankalaa. Ongelmana ei ole ainoastaan suuruus vaan sen rakenne ja tiedon erottaminen turhasta datasta. Jos kaikki mahdollinen data kerätään, tällöin muodostuu paljon turhaa ja hyödytöntä dataa. Sen

takia on ensiarvoisen tärkeää löytää joukosta se hyödyllinen tieto. Big datan käyttöönottoa voidaan ajatella kolmiportaisesti. Ensin tarvitsee poimia kerättävä data. Sen jälkeen kerättävä data tarvitsee muuntaa sopivaan muotoon, jotta se voidaan analysoida. Viimeinen vaihe on datan hyödyntäminen valitussa ympäristössään. Suurten tietomäärien kerääminen on aiheuttanut kritiikkiä. On syntynyt huoli ihmisten yksityisyyden suojasta, esimerkiksi sosiaalisista medioista kerättävän tiedon käyttötarkoituksia ei voida aina selvittää. [11, s. 162 – 167. ]

### **3 Teollisen internetin tuomat hyödyt ja mahdollisuudet**

Teollinen internet elää tällä hetkellä murroskauttaan, ja on maailmanlaajuisesti merkittävä ilmiö, josta haetaan uutta kasvua ja kilpailukykyä. Outotecin Pertti Korhosen sanoin, ”Teollinen internet ei ole mahdollisuus, se on pakko.” Koko ajan digitalisoituvassa maailmassa yritykset ajautuvat siihen pisteeseen, että ennemmin tai myöhemmin yritykset ottavat käyttöön teollisen internetin yrityksissään. Gartnerin tutkimuslaitoksen ”hypekäyrän” vuonna 2014 julkaistun kuvan mukaan teollinen internet on tämän hetken suitsutetuin ilmiö. Kuvan huipulla sijaitsee esineiden internet, jota voidaan pitää teollisen internetin rinnakkaisilmiönä. Huipun oikealla puolella sijaitsevat Big data, eli suurten tietomäärien prosessointityökalut sekä koneiden välinen kommunikointi. Teollisen internetin työkalut ovat siis vahvasti läsnä tällä hetkellä. Mielenkiintoista on myös se, että vastaväitteet teollisen internetin kasvusta ovat olleet hyvin vähäisiä. [2, s. 9. ]



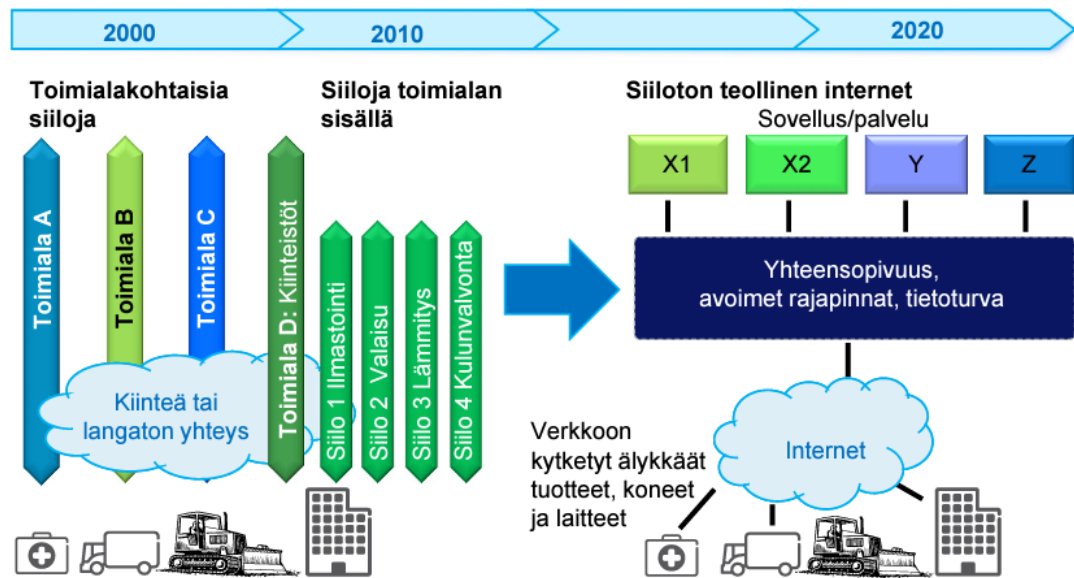
Kuva 5. Gartnerin hypekäyrä [2, s. 9.]

Teollisesta internetistä povataan kilpailukykyä parantavaa ilmiötä, sitä pidetään merkittävänä kilpailuvalttina esimerkiksi aasialaista halpatuotantoa vastaan. Esimerkiksi suomalaisella hitsauslaitteita valmistavalla Kemppe Oy:llä on käytössään Arctech 3 -laadunhallintajärjestelmä. Siinä hitsaaja skannaa ensin työkohteeseensa sidotun viivakoodin, minkä jälkeen hitsaustapahtuman tallennus Kempin pilvipalvelimelle alkaa. Näin voidaan varmistaa hitsauksen laatu, mutta myös käyttää saatua dataa hyödyksi laitteidensa jatkokehittelyyn. Näin Kempin on mahdollista tehdä entistä kilpailukykyisempiä hitsauslaitteita. [7; 13.]

Jatkossa teollisen internetin yleistyessä laitteita voidaan seurata, ohjata, hallita ja optimoida entistäkin tehokkaammin. Sen tekevät mahdolliseksi älykkäät laitteet ja niiden välinen kommunikointi. Monitorointi tulee helpottumaan ja etävalvonta on mahdollista. Laitteista saatua dataa voidaan käyttää optimointiin reaaliaikaisesti. Tämän kaltainen tehostaminen tulee tuomaan yrityksille myös merkittäviä säästöjä. [8.]

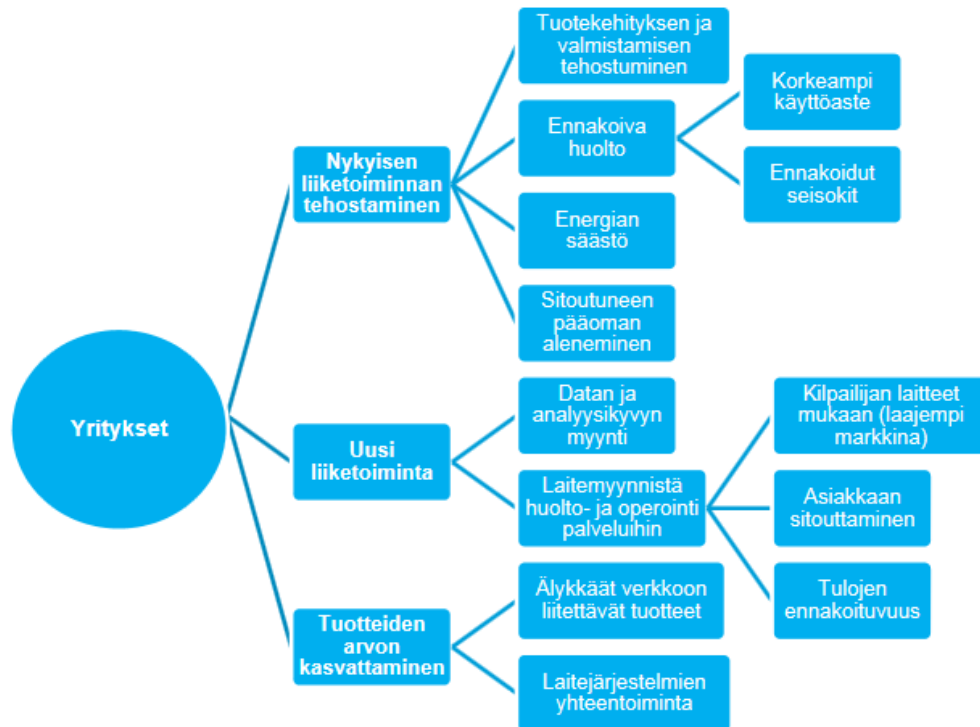
Teollisen internetin myötä myös valmistajan ja asiakkaan väliset suhteet tulevat tiivistymään, sillä teollinen internet tulee mahdollistamaan täysin uudenlaista liiketoimintaa. Kuten kuvassa 6 näkyy, voidaan ajatella, että vielä 2000-luvulla jokainen toimiala on oma siilonsa, jossa tiedonkulku toisesta toiseen on vähäistä. Siirryttäessä 2010-luvulle

toimialat ovat pilkkoutuneet pienempiin kokonaisuuksiin, esimerkiksi kiinteistöissä yhteysien avulla voidaan monitoroida ilmastointia, valaistusta ja kulunvalvontaa, mutta tieto kulkee silti vain kiinteistön sisässä. Teollisen internetin astuessa kuvaan voidaan kuvitella, että esimerkiksi sairaalat, logistiikkayritykset ja kiinteistöt siirtävät toimintansa internetiin, josta niitä voidaan käsitellä yhden rajapinnan kautta siten, että yritykset voivat kommunikoida keskenään. Esimerkiksi kiinteistöistä voitaisiin antaa lämpötilatietoja ulkopuolisille toimitsijoille, jotka voisivat tehostaa kiinteistön energiatehokkuutta. [1, s. 21.]



Kuva 6. Toiminnan siilot [1, s. 21.]

Yritysten saamat hyödyt teollisesta internetistä voidaan karkeasta kolmeen pääryhmään. Yritys voi pyrkiä toiminnan tehostamiseen (evoluutio), kokonaan uuteen liiketoimintaan (revoluutio) tai tuotteiden arvon kasvattamiseen. Kuvasta 7 voidaan hyvin nähdä näiden kolmen pääryhmän tuomat hyödyt teollisesta internetistä. [1, s. 22]



Kuva 7. Yritysten hyödyt IIoT:sta [1, s. 22. ]



Ehkä mielenkiintoisimpana vaihtoehtoista voidaan pitää uuden liiketoiminnan kautta saatavia hyötyjä, niiden avulla korkeahintaisia tuotteita tarjoavat yritykset voivat tehostaa palvelutoimintojansa kentältä saatavan datan avulla. Esimerkiksi Kone Oyj on johtavin palveluliiketoimintaa harjoittava yritys maailmassa, ja tällaisesta toiminnasta saadaan tuottavaa, vaaditaan laajaa tiedonhankintaa hyvinkin hajautuneesta laitekannasta. Teollinen internet olisi oiva ratkaisu tämän kaltaisen liiketoiminnan tehostamiseen. Voidaan kuvitella, että laitteista saataisiin keskitetysti tietoa, joka mahdollistaa niiden tehokkaan analysoinnin ja sitä kautta paremman palveluliiketoiminnan. Hyödyntämällä esimerkiksi Big data -analysointia, voitaisiin massiivisista tietomääristä poimia juuri se merkityksellinen tieto. [1, s. 21 – 24. ]



## 4 Teollisen internetin haasteet ja uhat

### 4.1 Tietoteknologian ja operatiivisen teknologian yhteensulautuminen

Teollinen internet tulee jatkossa vaatimaan tietoteknologian (it) ja teollisuusautomaation operatiivisen teknologian (ot) vahvaa yhteen sulautumista. Molempien osapuolien tulee selvästi tietää toistensa osaamisen rajat, jotta sujuva yhteistyö on mahdollista. Nykyisellään it ja ot ovat selvästi erilliset toimialat. Operatiivinen teknologia tulee jatkossa siirtymään enemmän it -välineillä ohjattavaksi, jolloin operatiivisen puolen tulee jatkossa noudattaa it -puolen standardeja. Tiedot toisten osapuolien tekniikoista ovat kuitenkin rajalliset. It ja ot on perinteisesti jaettu kuvan 8 mukaisesti. [6, s. 50 – 52. ]

 <b>"Koneleiri" = ot</b>	 <b>"Internet-leiri" = it</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• koeteltu tekniikka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uusi tekniikka</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• fyysinen prosessi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• digitaalinen prosessi</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• välitön vaikutus liiketulokseen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• epäsuora vaikutus liiketulokseen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• järjestelmien äärimmäinen vakaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• järjestelmien normina epävakaas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• osaamisalue: mekaniikka, automaatio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• osaamisalue: tietotekniikka, palvelut</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• vähän vapauksia muutokseen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• paljon vapauksia muutokseen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• pitkät elinkaaret</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lyhyet elinkaaret</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ohjelmistokehitys ei pc:lle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ohjelmistokehitys pc:lle</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• hidas julkaisusykli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nopea julkaisusykli</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• vesiputousmalli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ketterä malli</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• valmistajakohtaiset standardit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• avoimet standardit</li> </ul>

Kuva 8. Operatiivisen ja tietoteknologian jako [6, s. 51 ]

Yhteensulautuminen vaatii yhtenäistä johtamisstrategiaa, jossa molemmat osapuolet saatetaan tietoiseksi toistensa tekniikoista. Teollisen internetin sovellutuksia on selvästi jarruttanut ot -puolen heikko osaaminen vaadittavista tietotekniikan sovellutuksista. Isoissa yrityksissä tietoturva on myös koettu hidastavaksi tekijäksi, sillä ot -puolella nämä asiat on yleisesti ratkaistu fyysisesti eristetyillä verkoilla. [6, s. 50 – 52. ]

Elintärkeää olisi, että jatkossa ot ja it rupeaisivat noudattamaan yhtenäisiä verkko-, data- ja tietoturva-arkkitehtuureja. Näin yhteensulautuminen tulee olemaan entistä helpompaa. It -puolen johtamista tulisi myös selvästi ajaa kehittämään liiketoimintaa parantavien mallien suuntaan, eikä niinkään kustannuksia laskevien mallien suuntaan. [6, s. 50 – 52. ]

#### 4.2 Standardointi

Standardien puute on koettu teollisen internetin jarruttavaksi tekijäksi. Yrityksissä valitsee epävarmuus uusien tekniikoiden käyttöönotosta, sillä yhtenäistä tekniikkaa ei yksinkertaisesti ole saatavilla. Teollinen internet saatetaan tällä hetkellä kokea enemmän uhkana kuin hyötynä. Sen pelätään mahdollisesti rampauttavan yritystoimintaa, jos yhtenäisiä käytäntöjä ei ole olemassa. [2, s. 30; 6, s. 25 – 26. ]

Haastavaa on myös se, että yritykset rakentavat IIoT -ratkaisuja yleensä jo olemassa olevan laitekannan päälle, mikä hankaloittaa standardointia entisestään. Yhteensopivuusongelmat piinaavat uusien ja vanhojen laitteiden välillä. Järkevintä olisi yhdistää laitteet erilaisilla datamuuntimilla yhtenäiseksi isoksi verkoksi, erillisten pienten dataaarekkeiden sijaan. Näin saatava data voitaisiin analysoida keskitetysti pilvessä. [6, s. 182 – 183. ]

P2413-standardointi on IEEE -standardointijärjestön meneillään oleva massiivinen kaikenkattava IoT -hanke. Pyrkimyksenä on luoda yhtenäinen arkkitehtuuri eri sovel-lusaloille. [6, s. 183 – 184. ]

### 5 Teollisen internetin turvallisuus

Tietoturva-asioiden ratkaisemista pidetään kulmakivenä teollisen internetin läpimurrolle. Tutkimuslaitos Forrestin tekemän tutkimuksen mukaan suurimpana syynä kiinnos-tuksen puutteeseen yrityksillä ovat tietoturvakysymykset. Yksi pelkoa aiheuttava aihe on fyysisten laitteiden hallinta etäyhteydellä. Sen takia teollisen internetin läpimurron kannalta on ensisijaisen tärkeää, että tämänkaltaiset tietoturvaongelmat pystytään ratkaisemaan. Jopa yksi suuri tietoturvamurto voi aiheuttaa koko teollisen internetin kehi-tyksen pysähtymisen. Hyvin toteutettuna teollinen internet yhteiskunnallisessa mielessä

tulisi luultavasti parantamaan yleistä turvallisuutta, mutta huonosti toteutettuna se on enemmänkin uhka. [2, s. 23, 29. ]

Koska tietoturvaongelmat ovat todellinen uhka, on koneiden väliset viestit salattava ja käyttöoikeuksia on hallittava. Vuonna 2013 Aalto-yliopiston tekemän tutkimuksen mukaan Suomesta löytyi vuoden loppuun mennessä lähes viisi tuhatta salaamatonta automaatiolaitetta. Osa näistä kohteista oli erittäin kriittisiä. Verkottuneiden laitteiden määrä tulee roimasti kasvamaan vuoteen 2020 mennessä, jopa 50 miljardiin internetiin kytkettyyn laitteeseen. Tietoturva-asioiden eteen on siis ponnisteltava rajusti, jotta tietovuodoilta ja yksityisyydensuoja loukkauksilta vältyttäisiin. [3, 4. ]

Tietoturvaongelmilta vältytään, kun ollaan valmiita tunnistamaan riskit ja keksitään ratkaisut niiden hoitamiseen. Vaikka tietomurrot ovat uhka, niillä on myös positiivinen vaikutus, sillä ne tulevat luomaan useita työpaikkoja tietoturvaongelmien ratkaisuun. Tietoturva-asioita pidetään Suomen yhtenä mahdollisuutena teollisen internetiin liittyen, sillä Suomessa on useita tietoturva-alan toimijoita kuten SSH, F-Secure ja Stonesoft. Tietoturva ongelmien seurantaan ja ehkäisyyn tarvitaan kuitenkin lisäresursseja. Viranomaistenkaan toimintavalmiudet tällä hetkellä eivät ole riittävät. [4, 5. ]

Vuonna 2011 eurooppalaiset standardointiorganisaatiot CEN, CENELEC ja ETSI perustivat kyberturvallisuuden koordinoitiryhmän. Sen tarkoituksena on tehdä Euroopan kyberturvallisuudesta maailman turvallisin. Organisaatio pyrkii eri kyberturvallisuusorganisaatioiden kanssa luomaan yhtenäisen toinen toisiaan tukevan kyberturvallisuusstandardin. [2, s. 30. ]

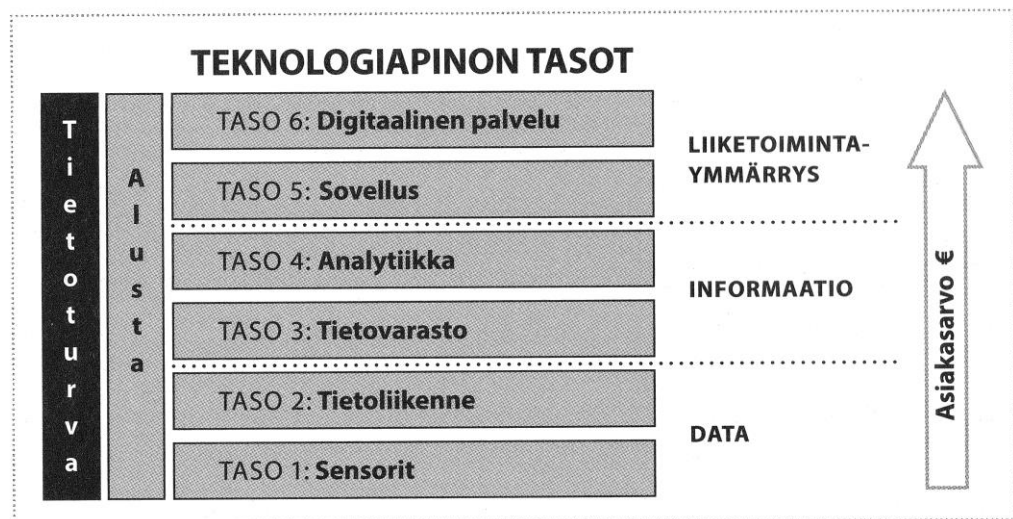
Myös Euroopan unioni on nostanut esille yrityksiä koskevat tietoturvaongelmat. On ensiarvoisen tärkeää määritellä kenellä on pääsy yritysten tietoihin, koska teollisten internetien yleistyessä tietoa säilytetään yhä enemmän internetissä. [2, s. 32. ]

Jos teolliseen internetiin liittyvät tietoturvaongelmat pystytään ratkaisemaan, on sen läpimurto vielä varmempaa. Tietoturvaongelmien riskien tunnistaminen on suurin askel niiden nujertamiseen. Vaaditaan lisärahoitusta ja tutkimuksia, jotta teollisesta internetistä saadaan entistäkin turvallisempaa.

## 6 Teollisen internetin mahdollistava teknologia

### 6.1 Teknologian tasot

Tarvittavaa teknologiaa kuvataan Jari Collinin ja Ari Saarelaisen kirjassa ”Teollinen internet” teknologiapinon avulla. Sen avulla voidaan havainnollistaa, mistä teknologioista teollinen internet koostuu. Kuvassa 9 on havainnollistettu tarvittavaa teknologiapinoa. Pohjalla ovat sensorit ja tietoliikenne, eli ensimmäinen porras. Seuraavalla portaalla ovat analytiikka ja tietovarasto. Ylimmällä portaalla ovat sovellukset ja muut digitaaliset palvelut.



Kuva 9. Teollisen internetin teknologian tasot [6, s. 143. ]

Anturit toimivat laitteiston pohjalla keräten kaiken tiedon. Tietoliikenteen avulla sitä voidaan siirtää ketjussa eteenpäin. Tietoliikennettä voidaan tosin välittää molempiin suuntiin tarvittaessa, esimerkiksi etäpäivitysten avulla antureihin voidaan myös siirtää tietoa. [6, s. 142 – 144. ]

Tasoilla 3 - 6 on yhteisenä tekijänä niiden painottuminen tietoteknisiin sovelluksiin ja loستاen alempien tasojen dataa. Puhuttaessa tietovarastosta Teollisen Internetin yhteydessä kyse on lähes aina pilvipalvelusta, jolloin tason 4 analytiikka voidaan myös suorittaa pilvessä hyödyntäen esimerkiksi Big dataa. Pilvipalvelun käyttäminen on myös hyödyllistä siitä syystä, että dataa voidaan ottaa muistakin lähteistä kuin sensoreilta, esimerkiksi käyttäjäkokemuksista. [6, s. 142 - 144. ]

Yrityksen on hallittava koko teknologiapino, jotta toiminta on kannattavaa. Yrityksen näkökulmasta lisäarvoa saadaan yleensä vasta ylimmiltä tasoilta, mutta investoitava on kaikkiin ratkaisuihin toimivan kokonaisuuden aikaansaamiseksi. Kokonaisuuden on oltava mahdollisimman selkeä, noudattaen yhdenmukaista tietojärjestelmää. [6, s. 142 – 144. ]

## 6.2 Sensorit ja tietoliikenne

### 6.2.1 Sensorit

Sensorit toimivat teollisen internetin pohjana. Ilman niitä on mahdotonta muodostaa toimivaa teollisen internetin verkkoa. Sensorit keräävät dataa erilaisista laitteista. Ilman laitteistosta sensorit ovat hyödyttömiä. Teollisen Internetin näkökulmasta voidaankin sensoreiden tasoon ajatella kuuluvan myös mitattavat laitteet. Ne voivat esimerkiksi kerätä tietoa lämpötilasta, paineesta, äänestä ja sijainnista. Sensorit keräävät tietoa pääsääntöisesti analogisesti, ja jotta dataa voidaan käsitellä, se täytyy muuntaa digitaaliseksi A/D-muuntimen avulla. A/D muunnin voi sijaita anturin sisässä tai olla ulkoinen laite. Sensorit ovat usein monen eri laitteen kokonaisuuksia. Sen sisässä voi siis olla mittalaite, prosessori ja A/D-muunnin. [6, s. 58, 152 - 156; 1, s. 35. ]

Antureiden eli sensorien hintojen romahdusta voidaan pitää osasyynä teollisen internetin ponnahtukselle. Tulee myös huomata, että sensorit ovat koko ajan pienentyneet, lisäksi niiden virrankulutus on merkittävästi laskenut. Saatavilla on nykyään MEMS-antureita eli mikroantureita, jotka ovat alle millimetrin kokoisia. Niiden vaikutusta teollisen internetin yleistymisessä pidetään merkittävänä. [6, s. 58, 152 - 156; 1, s. 35. ]

Anturointia ovat kiihdyttäneet monet kuluttajatuotteet. Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää älypuhelimia, jotka lähes kaikki on varustettu kiihtyvyyssanturilla. Lisäksi autoissa on antureita yhä enemmän. Nämä tekijät ovat lisänneet valtavasti kilpailua antureiden valmistusmarkkinoilla, mikä on taas polkenut hintoja alas. [6, s. 58, 152 - 156; 1, s. 35. ]

Työkoneita on kautta aikojen varustettu erilaisilla antureilla, mutta tietoa ei ole ehkä varastoitu, lisäksi äly on sijainnut työkoneissa. Teollisen internetin suunta on selkeästi siirtää äly antureihin, jotka keräävät tietoa talteen. Anturit saattavat olla kytkettyinä su-

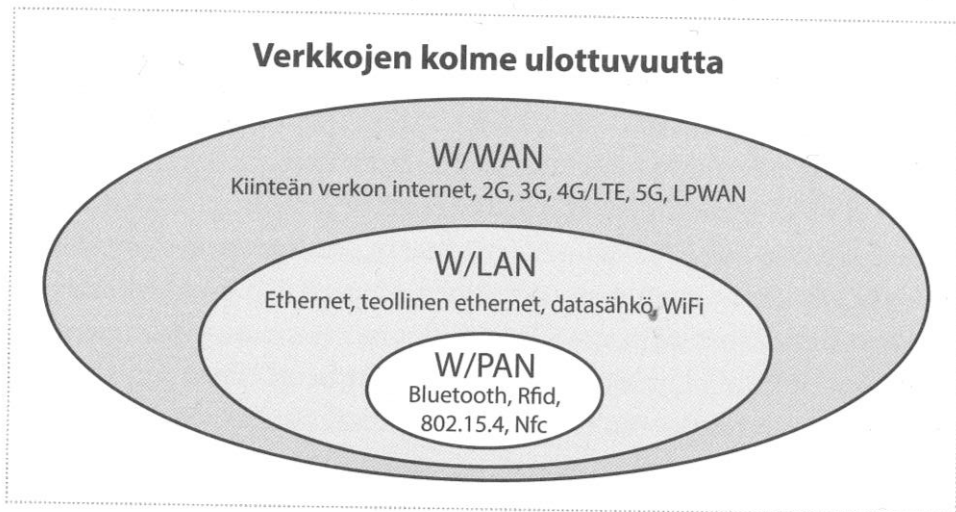
lautettuihin tietokoneisiin, jotka on varustettu modeemilla. Näin data saadaan välitettyä esimerkiksi pilveen. [6, s. 58, 152 - 156; 1, s. 35. ]

### 6.2.2 Tietoliikenne

Sensorit vaativat ympärilleen tietoverkon toimiakseen osana teollista internetiä. Ilman tietoliikennettä on mahdoton hyödyntää antureiden tuottamaa dataa. Tietoliikennettä voidaan kuitenkin pitää kaksisuuntaisena tienä. Tieto voi virrata antureista pois päin kohti pilvää, mutta toisaalta antureita voidaan esimerkiksi päivittää tai kalibroida etäyhdyden avulla, jolloin tieto taas virtaa antureihin. Tämä onkin yksi merkittävä teollisen internetin hyöty. [1. s. 35 - 36; 6, s.163 – 164. ]

Tietoliikenne kannattaisi hoitaa it -puolen standardien mukaisesti, eli käyttää mahdollisimman avoimia ratkaisuja ja määrittää jokaiselle laitteelle oma IP-osoite. Toimiakseen teollinen internet vaatii useita verkkoja yhden verkon sisään. Optimaalista olisi toteuttaa yhdellä verkkoratkaisulla koko teollinen internet, mutta se ei käytännössä mahdollista. Vanhat teknologiat jäävät yleensä riippakiviksi, jarruttaen tehtaiden verkottumista, ne vaativat ympärilleen usein soveltamista, jotta laitteet saadaan verkkoon. Tietoliikenteen tulisi kattaa mahdollisimman suuri osa-alue yrityksestä, eikä takertua vain tehostettavaan osa-alueeseen. [1. s. 35 - 36; 6, s.163 – 164. ]

Verkot voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri alueeseen. Jokainen alue voidaan taas määrittää sen kattavuuden avulla. Kuvassa 10 on havainnollistettu eri osa-alueita.



Kuva 10. Verkkojen tasot [6, s.165]

Verkkojen voidaan kuvitella kumpuavan likiverkosta eli PAN-verkosta. Eri laitteet voivat kommunikoida tämän verkon sisässä. Verkkoliitintä voidaan käyttää yhdyskäytävänä lähiverkkoon. PAN-verkko voidaan toteuttaa bluetoothin tai vaikka usb-kaapeleiden avulla. Verkon kantama on hyvin pieni ja siirtonopeudet matalia. [6, s. 165. ]

WLAN tai LAN on lähiverkko, johon eri laitteet on kytketty, muodostaen hyvin nopean tietoliikenneverkon. Yhteys voidaan toteuttaa langallisesti, jolloin kantama on satoja metrejä. Langattomasti toteutettuna verkon kantama on maksimissaan sata metriä. Lähiverkko voi kattaa vaikka yrityksen yhden toimipisteen. WAN on laajaverkko, joka mielletään samaksi asiaksi kuin internet. Eri lähiverkot kommunikoivat keskenään tämän avulla. Myös tämän verkon tiedonsiirtonopeudet ovat suuria. [6, s. 165. ]

Lähiverkko pitää sisällään teollisen ethernetin, joka on selkeästi teollisuuden näkökulmasta suunniteltu tietoverkko. Sen olemassaolo helpottaa selvästi teollisen internetin implementointia, sillä se hyödyntää yleisiä it -standardeja. Näin yhdistyminen it-puolen teknologian kanssa on paljon helpompaa. Teollinen ethernet on kuitenkin suunniteltu silmälläpitäen rajumpia ympäristön olosuhteita. Hyvänä vaihtoehtona voidaan pitää Ethercatin kenttävylyä Ethercat P, jossa voidaan tarvittaessa viedä sähkövirta ja tietoliikenne saman verkkokaapelin välityksellä. Tärkeintä on, että yritys muodostaa mahdollisimman yhdenmukaisen tietoverkon, joka voi koostua eri verkoista. Helpoin on hyödyntää olemassa olevia standardeja ja protokollia siirtyen enemmän it -puolen ratkaisuihin. Näin verkkojen ylläpitäminen on huomattavasti helpompaa. [6, s. 165 – 191. ]

## 6.3 Analysointi ja tiedon tallentaminen

### 6.3.1 Tietokannat

Anturit tuottavat valtavia määriä dataa, eikä sen paikallisesti tallentaminen ole kustannustehokasta. Antureiden tuottama raakadata ei sellaisenaan ole hyödyllistä, joten se täytyy ensin tallentaa, jotta sitä voidaan analysoida. Tässä kohtaa pilvipalvelut astuvat esiin. Niiden avulla raakadatan tallentaminen keskitetysti ja edullisesti on mahdollista. Pilvitalennus mahdollistaa myös eri toimialojen tietovirtojen yhdistämisen. [6, s. 195 – 196. ]

Valittaessa tietovarastoa, on mietittävä yrityksen tarpeita. Osaa informaatiosta täytyy käsitellä reaaliaikaisesti, kun taas osaa voidaan hiljaksen analysoida taustalla. Vaikka tallennustila on edullista, ei kaikkea dataa voi silti tallentaa. On määriteltävä, kuinka usein dataa lähetetään internetiin. Vielä tärkeämpi kysymys on, mihin tietovarasto tyyppiin kaikki syntyvä informaatio tallennetaan. [6, s. 196. ]

Tietokannoista oleellisimmat ovat SQL ja NoSQL. SQL eli "Structured Query Language" on strukturoitu tietokanta. SQL on tarkkaan rakenteeseen sidottu tietokanta. Se mahdollistaa hakujen, muutosten ja lisäysten tekemisen. Siinä tieto tallennetaan ennalta määritellyn rakenteen mukaisesti ja se sidotaan taulujen sarakkeisiin tai riveihin. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin tietomassojen kasvaessa sen skaalautumisen puute. Koska kaikki informaatio on sidottu tiettyyn rakenteeseen, on eri tietomuotojen yhdistäminen hankalaa. Ennen pitkää tietomäärät tulevat kuitenkin kasvamaan, ja SQL ei anna riittävää kasvuvaraa. NoSQL tulee sanoista "Not only SQL" eli se kuvaa tietokantoja, jotka eivät noudata tarkkaa rakennetta. Se mahdollistaa erilaisten tietomuotojen tallentamisen keskitetysti. Se sopeutuu hyvin eri käyttökohteisiin. NoSQL tietokantaan voidaan syöttää tietoa vaikka eri antureista sekä ääntä, kuvaa tai vaikka tekstiä. Big data -palveluissa tarvitaan selvästi NoSQL:n tapaista tietokantaa, sillä tuleva informaatio on niin monimuotoista, että sen rakenteen ennalta määrittäminen on hyvin hankalaa. [6 s. 196 – 198. ]

### 6.3.2 Pilvipalvelut

Pilvipalveluiden tarjoajia on lukuisia. Tällä hetkellä suurimpia pilvipalvelujen tarjoajia ovat Microsoft, Google ja Amazon. Microsoftin tarjoama palvelu on nimeltään "Azure",

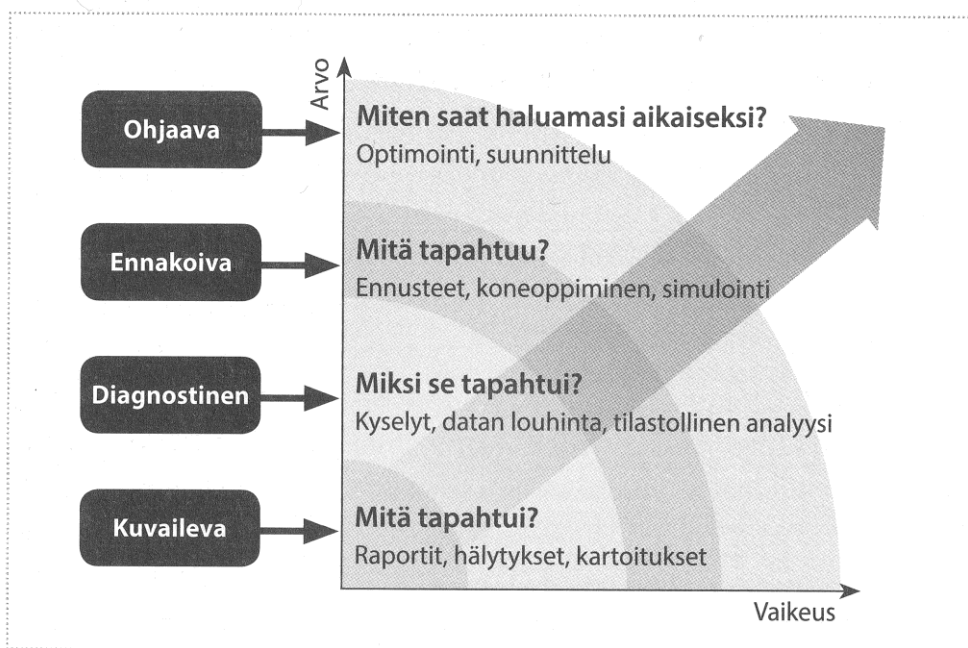


Googlessa se on "Google Cloud Platform" ja Amazonilla "Web Services" eli AWS. Käytännössä kaikki tarjoavat samoja palveluita hieman omilla mausteillaan. Pilvitalennuksen hyötynä voidaan pitää sen hintaa. Se on kiistattomasti halvempi ratkaisu kuin esimerkiksi konesalin perustaminen yritykseen. Pilvipalveluita ei voida silti käyttää kaiken datan tallentamiseen, sillä sen käytöstä aiheutuu pieni viive. Sen takia joskus on järkevämpää käsitellä akuutti tieto yrityksen sisällä. Pilvipalveluiden hyötynä on myös datan analysointimahdollisuus pilvessä, jos analysoinnin ei tarvitse tapahtua millisekunneissa. [6, s. 202. ]

### 6.3.3 Analysointi

Analysointi voidaan suorittaa joko pilvessä tai paikallisesti. Tärkeää on myös tietää, mitkä tiedot aiotaan analysoida, koska ei ole järkevää analysoida kaikkea mahdollista tietoa. Se ei ole kustannustehokasta ja voi osaltaan haitata tulosten tulkintaa. Toisaalta taas liian tarkka analysoitavan tiedon rajaus ei anna halutunlaisia tuloksia. Analytiikan avulla pyritään määrittämään informaation tulvasta juuri se merkityksellinen tieto. Matemaattiset funktiot saatikka informaation määrä tulevat harvoin ongelmaksi. Usein ongelmaksi muodostuu analysoitavan datan asiantuntijoiden puute. Analytiikan täytyy selvästi tuntea yritys ja sen liiketoiminta, muuten analysoinnin avulla ei saavuteta riittäviä hyötyjä. [6, s. 206. ]

Kuvan 11 mukaisesti analysointi voidaan jakaa eri tasoihin. Mitä ylemmäs analysointi tasoissa päästään, sitä suuremmaksi niistä saatava arvo kasvaa. Voidaan ajatella alimmaista tasoa kuvailevaksi, siinä yrityksen henkilökunta käyttää tuloksia suoraan raportoinnin tukena tai raja-arvojen ylitys antaa esimerkiksi hälytyksen. Seuraavaksi voidaan siirtyä diagnostiikan tasolle ja miettiä esimerkiksi miksi laite hajosi. Tutkitaan dataa vikaantumishetkeltä ja vertaillaan antureiden antamia tietoja toimivaan laitteeseen. Näin päästään kolmannelle tasolle, jossa diagnostiikan avulla pyritään jatkossa ennakoimaan mahdolliset vikatilanteet. Lopuksi käyttämällä alimpia tasoja hyväksi voidaan prosessia optimoida algoritmien avulla entistä paremmaksi, ja saavuttaa lisäarvoa. [6, s. 207 – 208. ]



Kuva 11. Analysoinnin eri tasot [6, s. 208. ]

Tulosten visualisointi on erittäin tärkeä analysoinnissa, koska silloin tietoisuus analysoinnin tuloksista voidaan saattaa henkilöille, joilla ei ole osaamista koko aihealueesta. Datan purkaminen selkeään graafiseen muotoon helpottaa merkittävästi tulosten analysointia. Näin yrityksen sisässä eri toimialojen välillä voidaan jakaa tietoa, ja toimia sen perusteella. [6, s. 214. ]

## 6.4 Sovellukset ja digitaalinen palvelu

### 6.4.1 Sovellukset

Teollinen internet kiteytyy sen työkalujen avulla tehtyyn sovellukseen. Sovelluksen on tarkoitus toimia yrityksen työntekijöiden apuna. Sen tulisi selkeästi palvella yrityksen tarpeita ja tuoda yritystoiminnalle lisäarvoa. Yrityksen sisällä siis tulee tarkkaan pohtia sovelluksen käyttötarvetta. Voidaan kuvitella esimerkiksi älykäs kiinteistö, joka ilmoittaa kiinteistöhoitajalle mahdollisista vioista tai vaikka muistuttaa hälytyslaitteiden tarkastuksesta. Näin vältetään turhilta huoltokierroksilta. [6, s. 217. ]

Sovellukset mahdollistavat myös niiden myymisen eteenpäin. Sovelluksen ei tarvitse palvella vain yrityksen tarpeita. Yrityksellä voi olla fyysinen tuote A, jota on myyty ennenkin, mutta sovelluksen myötä yritys voi myydä sen lisäksi fyysiselle tuotteelleen teollisen internetin sovelluksen. Samalle tuotteelle saadaan siis lisäarvoa. [6, s. 218. ]

Yritysten näkökulmasta ei ole aina järkevää kehittää itse omaa sovellusta. Sovelluskehitys voidaan ostaa ulkopuoliselta toimijalta, mutta se vaatii pääsyn yrityksen alimpien teknologiatasojen luokse, mikä voi olla merkittävä tietoturvaongelma. Toisaalta avoimet teollisen internetin sovellusratkaisut ohjaavat melko pitkälle tulevaa sovellusta. Sovelluksen kehittämisessä pitäisi edetä ripeästi, eikä jäädä junaamaan paikoilleen. Teollinen internet on niin hypetetty ilmiö, että toimittava on nopeasti, muuten kilpailijat ajavat ohi. Aluksi olisin hyvä pyrkiä ns. minimiratkaisuun, jolla tuote ratkaisee ongelman. Käyttöliittymän valinta on myös erittäin tärkeää. Ohjelmiston tulisi toimia mahdollisimman monella eri laitteella. Käyttöliittymän suunnittelussa tulee kuulla sen tulevia käyttäjiä, koska osaaminen vaihtelee merkittävästi toimialoittain. [6, s. 221 – 222. ]

#### 6.4.2 Digitaaliset palvelut

Kun kaikki teknologiapinon tasot on saavutettu, odottavat ylimpänä digitaaliset palvelut. Digitaaliset palvelut ovat teollisen internetin kerma. Yritysten päästyä ylimmälle tasolle he ovat saavuttaneet kaiken tarvittavan teknologian. Tämän jälkeen näitä digitaalisia palveluita voidaan ruveta markkinoimaan. Yritys voi esimerkiksi tarjota ennakoivaa huoltopalvelua. Hyvä esimerkki on Wärtsilän myymät laivojen moottorit. Yrityksellä on Suomessa valvomo, johon saada dataa ympäri maailmaa seilaavilta laivoilta. Saatavan informaation avulla Wärtsilä voi tarjota ennakoivaa huoltoa. Kaikki asiantuntijat voivat olla keskitetysti yhdessä valvomossa, eikä tarvetta pitkille reissuille synny. [6. s. 79 - 89, 224. ]

Tuotteiden elinkaaret kasvavat myös digitaalisten palveluiden myötä. Yritykset voivat kehittää tuotteiden sijaan, niiden mukana myytäviä palveluita. Näin saadaan tuotteista irti entistä enemmän, eikä tarvetta uuden tuotteen suunnittelulle välttämättä ole. Digitaalisten palveluiden myötä yritys voi myös varmistua tuotteen oikeasta käytöstä ja tarvittaessa neuvoa yritystä sen käytössä. [1, s. 23; 6, s. 224. ]

Digitaalisten palveluiden myötä kaikki teollisen internetin tuomat hyödyt kiteytyvät seuraaviin:

- reaaliaikaisuus
- ennakointi
- joustavuus
- automaatio.

Jatkossa voidaan analyysin avulla ratkaista ongelmia reaaliajassa tai ennakoida vikatilanteita. Oikein suunniteltuna digitaaliset palvelut joustavat alustalta toiselle. Ennen kaikkea prosesseja automatisoidaan poistaen turhia työvaiheita. [6, s. 225. ]

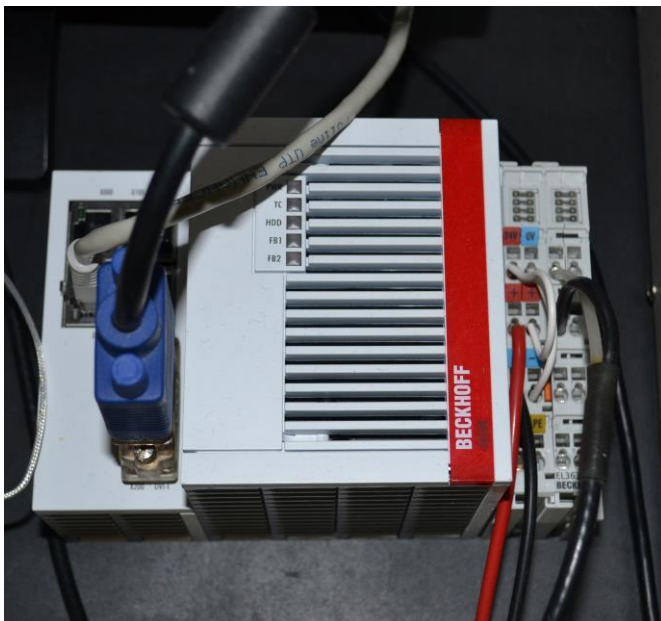
## **7 Teollisen internetin kunnonvalvontasovellusten käyttöönotto**

### 7.1 Laitteisto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli rakentaa värinänmittalaite, joka lähettää mittaus-tietoa internetiin. Laitteisto koostuu mittalaitteesta eli värinänmittausanturista, joka on liitettyä tulo/lähtö terminaaliin "EL3632". I/O eli tulo/lähtö-terminaali on taas kytkettyä sulautettuun tietokoneeseen, jossa on tietokoneen lisäksi ohjelmitava logiikka. Sulautettu tietokone toimii myös samalla palvelimena, jotta tieto voidaan lähettää eteenpäin.

#### 7.1.1 CX5130 sulautettu tietokone

Projektin laitteistoksi valikoitui Intelin suorittimella varustettu sulautettu tietokone CX5130. Tässä sulautetussa tietokoneessa on yhdessä ohjelmitava logiikka ja Windows 7 -kevytversio. Se mahdollistaa laitteen toiminnan itsenäisesti esim. palvelimena. Tällöin laitteen sisässä voidaan ajaa erilaisia logiikkaohjelmia, jotka voivat lähettää mit-taustietoja suoraan laitteesta internetiin ilman, että ohjelmointitietokone on kytkettyä laitteistoon. Laitteen käyttäminen palvelimena vaati kuitenkin laitteen määrittämisen palvelinkäyttöön.



Kuva 12. CX5130 Sulautettu tietokone

CX5130 on Beckhoffin valmistama ohjelmoitava logiikka, joka on varustettu Intelin piirisarjalla. Suorittimena toimii 1,75 GHz:n kellotaajuudella toimiva 2-ydin Atom - prosessori. Laite on varustettu 4 GB:n DDR3 muistilla ja kahdella erillisellä verkkokortilla. Tämä mahdollistaa, että toista porttia käytetään esim. logiikan ohjelmointiin ja toista palvelinkäyttöön. CX5130 erittäin hyödyllinen ominaisuus on DVI- ja USB -porttien löytyminen laitteesta, nämä mahdollistavat hiiren, näppäimistön ja tietokonenäytön kytke-  
misen itse laitteeseen. Näin laitteiston ohjelmistojen asentaminen on huomattavasti helpompaa.

#### 7.1.2 EL3632 tulo/lähtö-termiinaali

Sulautettu tietokone on varustettu kenttäväylällä, joka mahdollistaa erilaisten tulo/lähtö termiinaalien kytkemisen. Kyseinen projektin laitteisto on varustettu EL3632 I/O termiinaalilla, joka mahdollistaa analogisten pietsosähköön pohjautuvien antureiden lukemisen. Signaalin käsittely vaatii toimiakseen vielä laitteen varustamisen signaalinkäsittelykirjastolla. Laitteeseen hankittiin TF3600-signaalinkäsittelykirjasto, sen avulla anturista tulevasta raa'asta signaalidatasta voidaan purkaa esiin mahdolliset vikatilanteet.

### 7.1.3 Pietsosähköanturi

Laitteistosta käytettiin Kistlerin pietsosähköanturia, joka soveltuu värinän mittaukseen. Anturi on erittäin tarkka ja soveltuu hyvin kyseiseen käyttötarkoitukseen. Tärkeimpiä tietoja anturista:

- kiihtyvyyalue +- 10 g
- kiihtyvyyusraja +- 16 g
- kynnys 280  $\mu\text{g}$  rms
- herkkyys 500 mV/g
- resonanssitaajuus 22 kHz



Kuva 13. Pietsosähköanturi

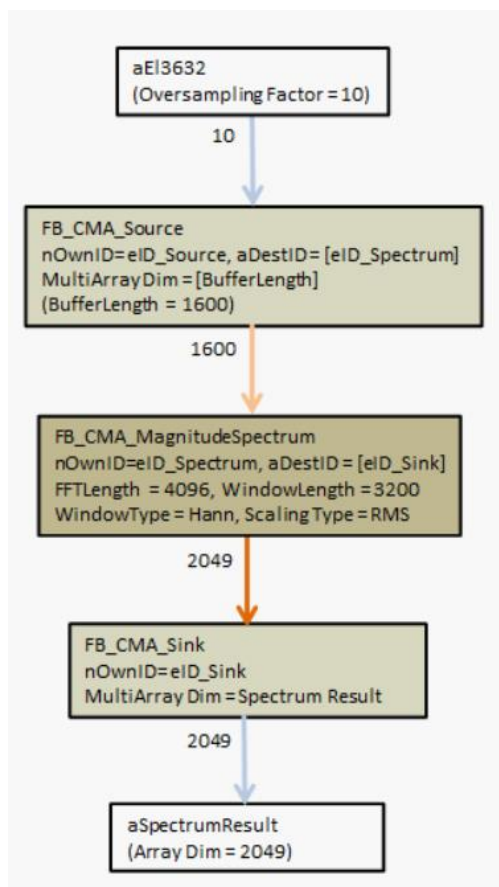
## 8 Ohjelmisto

### 8.1.1 TF3600 Condition Monitoring Level 1 -kirjasto

TF3600 on signaalinkäsittelykirjasto, ilman sitä signaalin käsittely on lähes mahdotonta. EL3632 terminaali mittaa anturin lähettämää signaalia kymmenen näytteen ryppäissä, signaalinkäsittelyn ohjelmassa on muodostettava tätä vastaava muuttujien taulukko, johon mittaustulokset puskuroidaan, jotta niitä voidaan käsitellä sopivampaan muotoon. Oleellista ei ole pienet värähtelyn muutokset, vaan ns. piikkien löytäminen signaalista.

TF3600 kirjasto tarjoaa nämä matemaattiset työkalut signaalinkäsittelyyn. Kirjasto on myös hyvin mukautuva ja sitä voidaan ohjelmoida erilaisiin sovelluksiin.

Kuvassa 14 on esimerkkikoodi signaalinkäsittelystä. Koodi on jaettu kahteen eri työvaiheeseen. Ensimmäisessä kerätään näytteitä laitteistosta, tässä tapauksessa Pietsosähköanturilta EL3632 tulo/lähdöstä 10 kpl:n ryppäissä. Toisessa vaiheessa näytteistä lasketaan ohjelmiston avulla suuruusspektriä, näin voidaan hyvin havainnollistaa piikkejä signaalista. Spektriä voidaan havainnollistaa esimerkiksi visualisoinnin kautta.

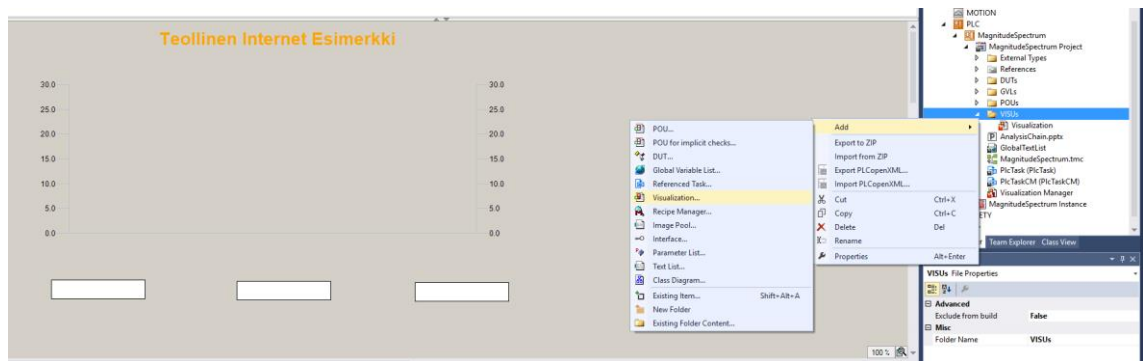


Kuva 14. Esimerkkikuvaaja signaalinkäsittelystä [15]

Kunnonvalvontakirjaston syvällisempi hyödyntäminen vaatii vahvaa osaamista sekä TwinCAT -ohjelmointiympäristöstä, että kunnonvalvontamenetelmistä. Ohjelmiston käyttöönottamisessa on hyvä perehtyä Beckhoffin esimerkkeihin.

## 8.1.2 PLC HMI Web

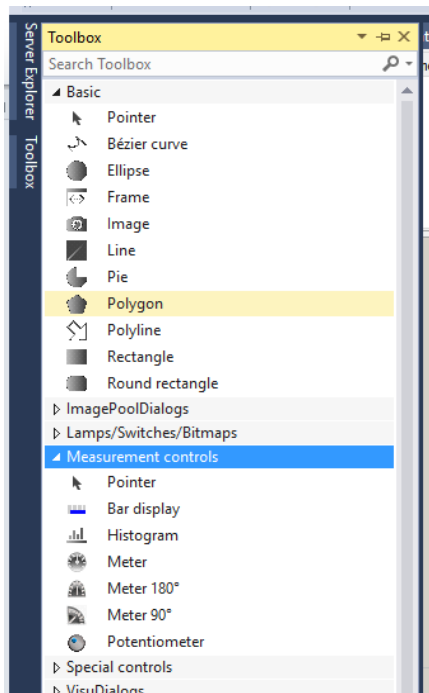
PLC HMI Web mahdollistaa visualisointien näyttämisen verkkoselaimessa. Se hyödyntää JavaScriptiä hakeakseen informaatiota verkkopalvelimelta, tässä tapauksessa CX5130:n suorittamasta ohjelmasta. PLC HMI Web -kirjaston käyttäminen helpottaa huomattavasti koodista haettavan informaation noutamista, sillä se luo itse html-sivuston, joka noutaa tarvittavat arvot ja visualisoi ne verkkosivun muodossa hyödyntäen JavaScriptiä. Voidakseen muodostaa ”Web Visualization” käyttäjän tarvitsee ensin luoda paikallinen visualisointi.



Kuva 15. Visualisoinnin luominen

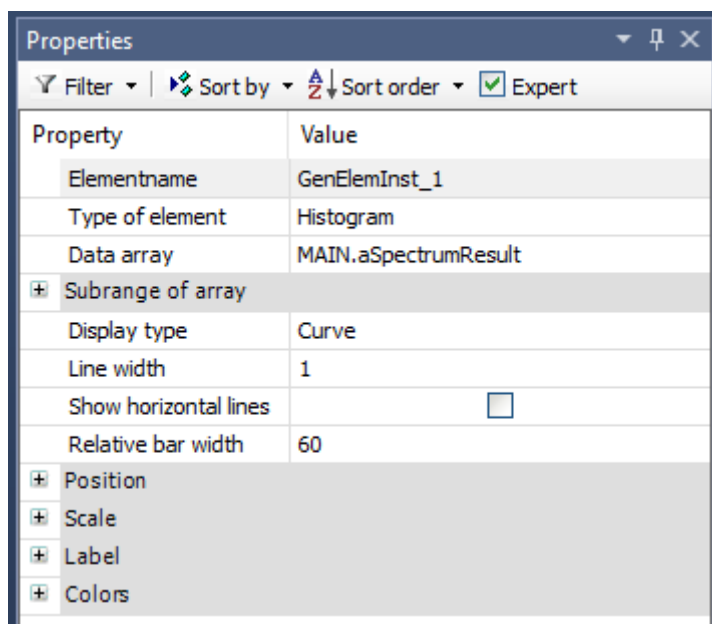
Visualisointi luodaan valitsemalla PLC:n puusta ”VISU” kansio. Klikataan kansiota hiiren oikealla painikkeella ja valitaan ”Add”. Tämän jälkeen valitaan ”Visualization”. Käyttöön aukeaa tyhjä valkoinen sivu, johon voidaan lisätä elementtejä ”Toolbox” -valikosta. Käytössä on valmiita Visual Studion ja TwinCAT 3:n grafiikoita.





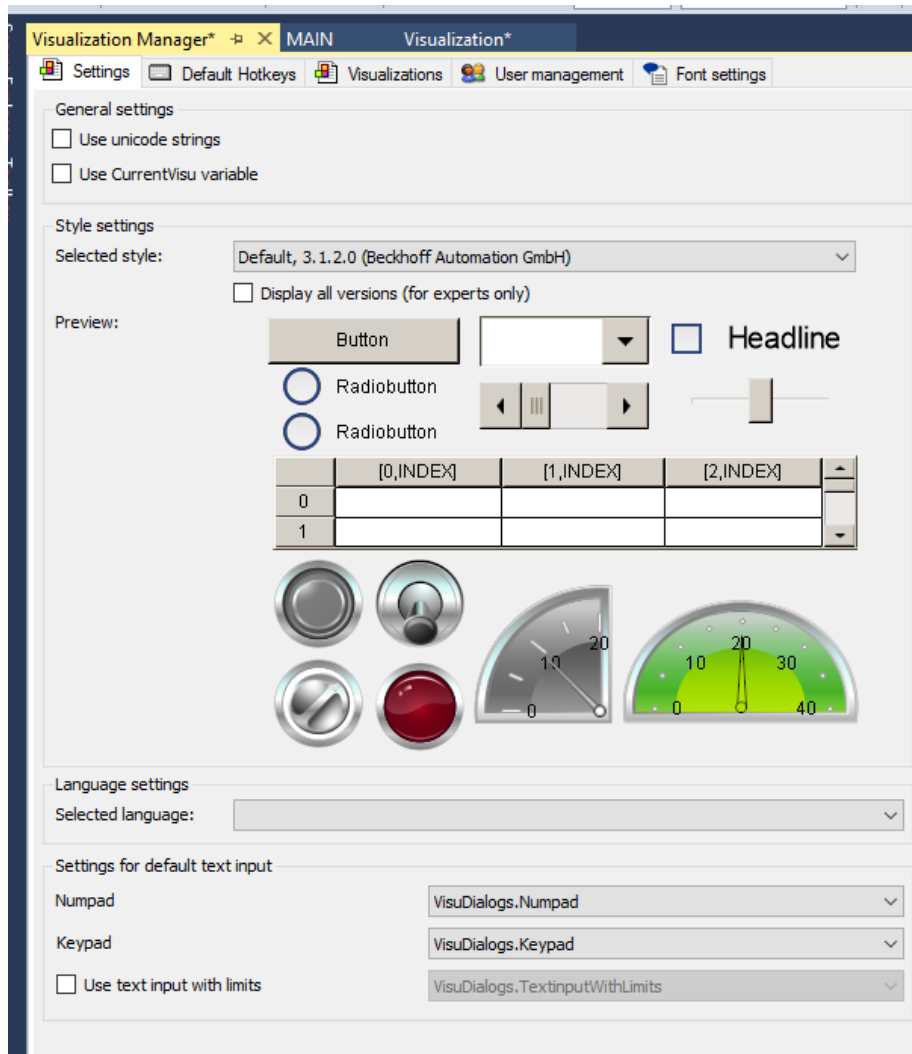
Kuva 16. Toolbox valmiiden grafiikkaelementtien valitsemiseen.

Toolboxin elementtien avulla käyttäjä voi luoda haluamansalaisen visualisoinnin, joka voidaan kääntää verkkosivustoksi. Jokainen elementti on ohjelmoitavissa, ja ne voidaan linkittää PLC:n koodin muuttujiin. Elementtien avulla on esimerkiksi mahdollista tehdä etäkäyttöliittymä koodiin.



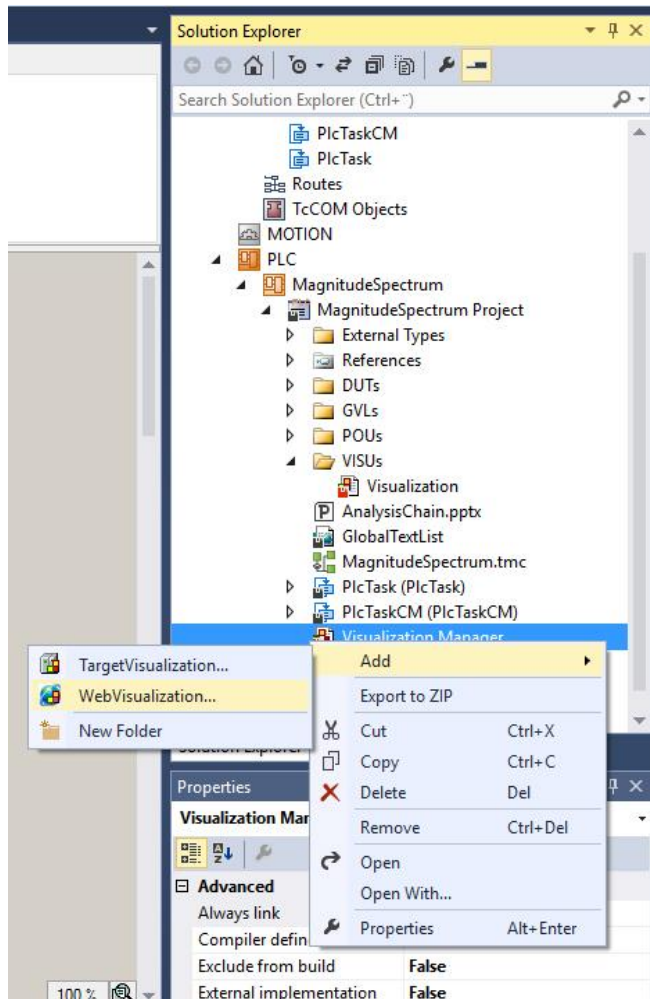
Kuva 17. Grafiikkaelementin parametrisivu

”Properties” -parametrisivun kautta voidaan määrittää tarvittavat arvot, esimerkiksi elementin koko, väri ja näkyvyys. Sitten kyseinen elementti voidaan linkittää haluttuun muuttujaan. Visualisoinnin tekeminen luo myös ”Visualization Managerin”, joka mahdollistaa visualisointi sivun parametrien muokkaamisen.



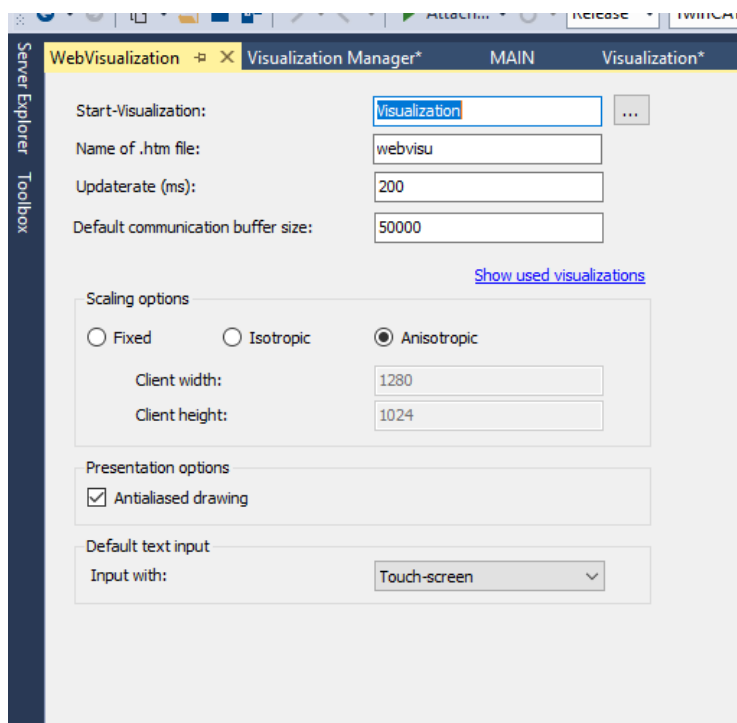
Kuva 18. Visualization Manager

Visualisointimanagerista voidaan määrittää esimerkiksi käytössä oleva visualisointiprofiili, käytettävät visualisoinnit ja käyttäjät. Kun visualisoinnista on muodostettu ”Visualization Manager”, voidaan vihdoin muodostaa ”WebVisualization”.



Kuva 19. WebVisualization muodostaminen

Kun WebVisualization luodaan, voidaan määrittää kyseisen sivuston nimi ja valita aloitusvisualisointi. Sivuston päivitystahti ja kommunikointipuskuri voidaan myös määrittää tämän parametrisivun kautta.



Kuva 20. WebVisualizationin parametrisivu.

Kyseisillä asetuksilla sivuston polku olisi muotoa: "http://localhost/Tc3PlcHmiWeb/Port851/visu/webvisu.htm". Toimiakseen sivusto vaatii, että palvelin on muodostettu ja asetettu oikein. PLC HMI Web -ohjelmisto täytyy asentaa myös sulautetulle tietokoneelle. Asennus huolehtii palvelimen asetusten muodostamisesta. Vaatimuksena on kuitenkin, että IIS -palvelin on otettu käyttöön. Sivuston saavuttaminen internetyhteyden välityksellä vaatii kuitenkin laitteelta kiinteää IP-osoitetta ja porttien avaamista reitittimeltä.

### 8.1.3 Tiedon tallentaminen

Anturista tulee tietoa reaaliajassa, joten sitä on puskuroitava muuttujiin. Tiedon tallentaminen internetiin samassa tahdissa on lähes mahdotonta, sillä tarvittavia työkaluja ei ole vielä julkaistu. Beckhoffin IoTT -ohjelmistot julkaistaan luultavasti vuoden 2016 loppuun mennessä. Esimerkiksi tuleva TF3500 Analytics Logger -ohjelmisto mahdollistaa reaaliaikaisen datan lukemisen ja tallentamisen joko paikallisesti tai pilvipalveluihin.

Tällä hetkellä ainoa mahdollisuus on datan lähettämiseen internetiin, ilman erillisiä ohjelmistoja ovat Webservice tai PLC HMI Web, joka taas luo visualisoinnista verkkosivuston. Webservicen hyödyntäminen taas vaatii hyvää ohjelmointiosaamista ja

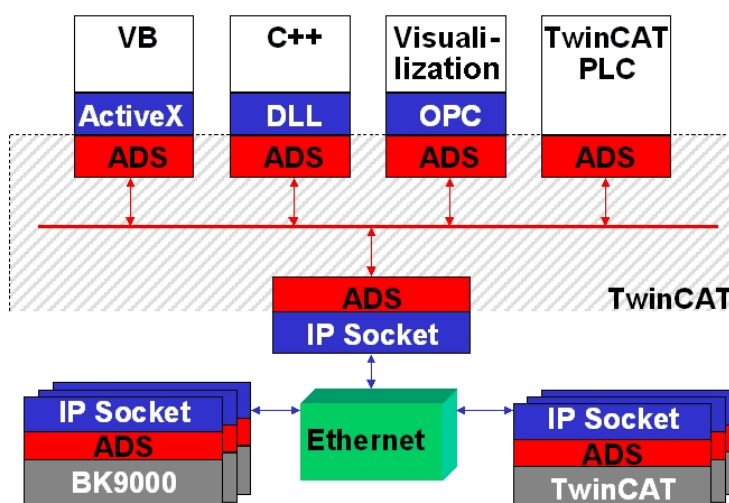
tarjoaa vain rajalliset työkalut, mutta sen avulla luodut sivustot ovat saavutettavissa kaikilta laitteilta. PLC HMI Web on taas helpotettu visualisointi, jossa ohjelmisto luo itse tarvittavan Html ja JavaScript koodin, mutta se ei anna työkaluja datan tallentamiseen esimerkiksi pilvipalvelimelle.

Käytettävissä olevilla työkaluilla datan tallentaminen internetiin on hyvin haastavaa ja aikaa vievää. WebServicen avulla olisi lähes mahdotonta rakentaa IoT -ympäristö esimerkiksi tehtaaseen, koska jokainen ohjelma vaatisi oman html- ja JavaScript -koodin. WebService soveltuu lähinnä yksittäisten sovellutusten etävalvontaan.

## 9 Tiedonsiirto ADS -reititinjärjestelmässä

### 9.1 TwinCAT ADS

ADS on Beckhoff Automationin avoin ja ilmainen kommunikointiprotokolla. Se tukee yleisimpiä kenttäväyliä ja kommunikointiprotokolia. ADS muodostuu sanoista "Automation Device Specification", joka mahdollistaa datan lukemisen ja kirjoittamisen TwinCAT ohjelmista. Sen avulla dataa voidaan lähettää TwinCAT -ohjelmointiympäristön ulkopuolisille laitteille ja ohjelmistoille. TwinCAT ADS tukee yleisimpiä ohjelmointikieliä ja rajapintoja.



Kuva 21. TwinCAT ADS -järjestelmä [16]

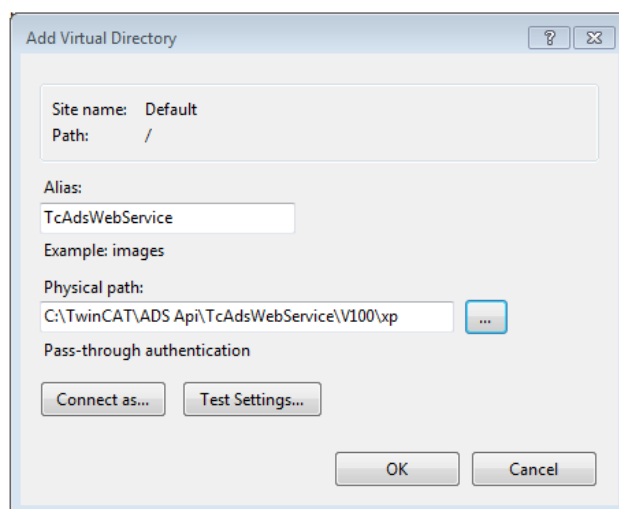
## 9.2 Laitteen käyttäminen palvelimena

CX5130 on sulautettu tietokone, jossa ohjelmoitavan logiikan lisäksi on Windows 7 - kevytversio, joka mahdollistaa laitteen käyttämisen palvelimena. Laitteen käyttäminen palvelimena vaatii kuitenkin ensin Windows IIS -palvelimen käyttöönoton. Toimiakseen sen asetukset ja käyttöoikeudet täytyy määrittää.

Laitteessa on käytettävissä IIS:n kuudes versio. Laitteen asetusten määrittämien ta-  
pahtuu IIS Managerin kautta. Palvelimelle muodostetaan oletussivusto, johon voidaan lisätä virtuaalikansioita. Näissä virtuaalikansioissa sijaitsevat tarvittavat kommunikointi-  
tiedostot. Niiden avulla voidaan koodista hakea muuttujien arvoja.

### 9.2.1 TcAdsWebService.dll tiedoston määrittäminen

Voidakseen hyödyntää WebServicen ADS -kommunikointia, täytyy palvelimen oletussivulle määrittää "TcADS.dll" tiedosto. Ilman tätä WebServicen käyttö on mahdotonta. Oletussivuun luodaan virtuaalikansio nimeltä "TcAdsWebService", jolle määritetään polku TwinCAT 3 -asennuskansioon, joka on normaalisti muotoa: "C:\TwinCAT3\AdsApi\TcAdsWebService\100\xp". ADS -kommunikointitiedostot ovat kaikissa TwinCAT 3 -asennuksissa mukana.



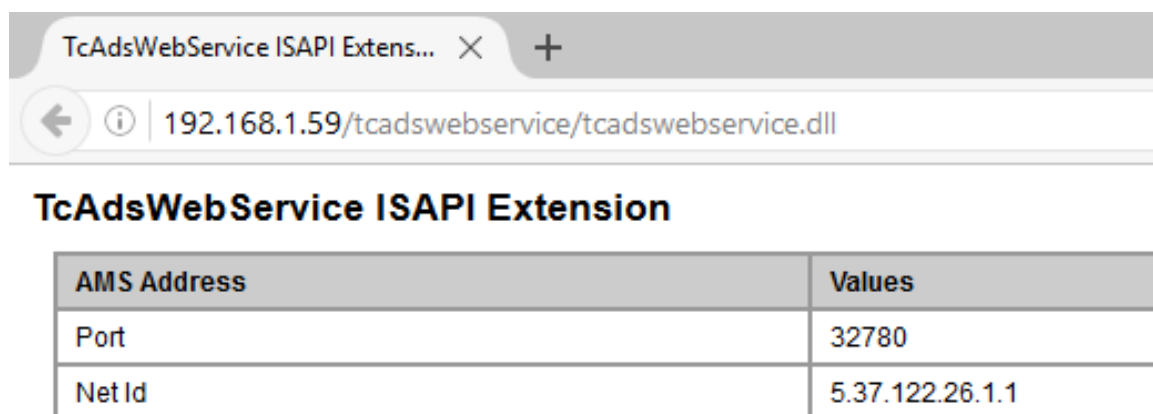
Kuva 22. TcAdsWebServicen virtuaalikansio

Kuvassa näkyy virtuaalikansion muodostaminen, jossa kommunikointiin tarvittavat tiedostot sijaitsevat. Seuraavaksi kansion käytölle täytyy antaa käyttöoikeudet kohdasta "Anonymous Authentication", josta valitaan "Application pool identity". Näin käyttäjän ei tarvitse kirjautua hyödyntääkseen tiedostoja.

Tämän jälkeen palvelimen "Handler Mappings:lle" täytyy antaa vielä oikeudeksi "Execute", jotta tiedostoja voidaan suorittaa. Lisäksi on myös lisättävä "ISAPI" -oikeudet ja määritettävä TcADSWebService.dll tiedoston sijainti ja antaa oikeudet sen ajamiselle.

Jos TcADSWebServicen määrittäminen on onnistunut, sen pitäisi olla tavoitettavissa verkkoselaimen osoitteesta: "http://localhost/tcadsWebService/tcadsWebService.dll"

Onnistunut määrittämien avaa kuvan 23 näkymän. Näin voidaan varmistua, että parametrit on säädetty oikein. Tämän jälkeen voidaan hyödyntää WebService -kommunikointia.



AMS Address	Values
Port	32780
Net Id	5.37.122.26.1.1

Kuva 23. TcAdsWebService.dll tiedosto määritettynä

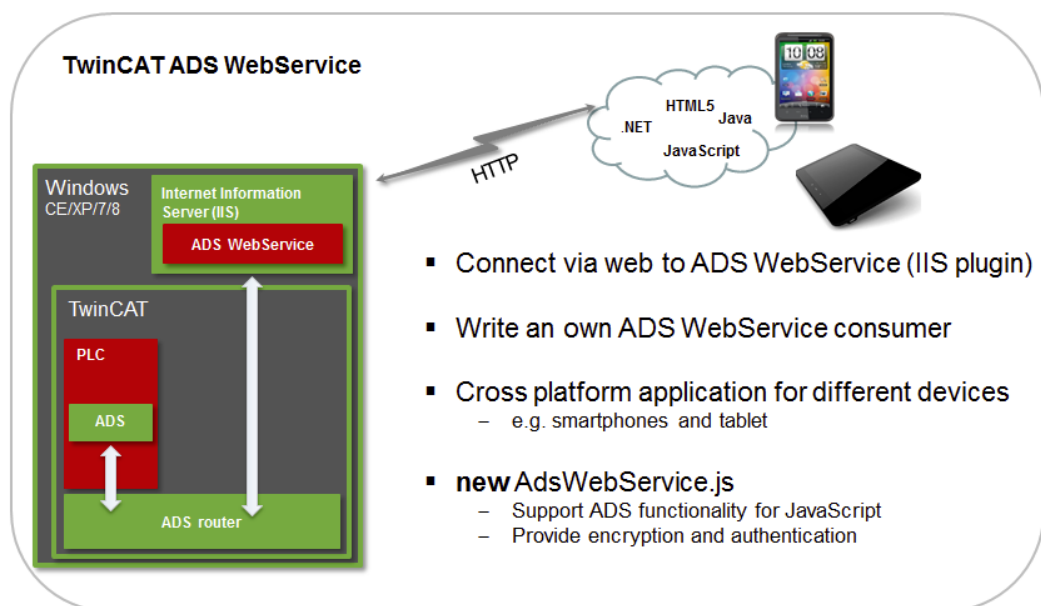
## 9.3 WebService

### 9.3.1 WebServicen Asetukset

TwinCAT ADS WebService kommunikoinnin avulla voidaan ohjelmaan päästä käsiksi millä tahansa laitteella. Vaatimuksena on, että ADS WebService on asetettu oikein, ja palvelin on saavutettavissa http-yhteyden kautta. WebService hyödyntää html ja Ja-

vaScript -koodausta muuttujien arvojen hakemiseen. Http-yhteys ei sovellu reaaliaikaisen datan hakemiseen, esimerkiksi anturin datan lukeminen reaaliaikaisesti on lähes mahdotonta internetyhteyden välityksellä.

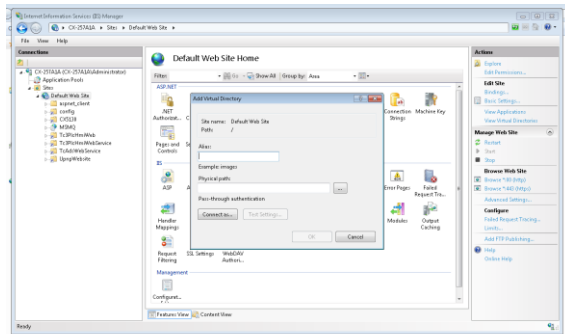
Kuvan 24 mukaisesti, TwinCAT PLC-ohjelma lähettää ADS tiedonsiirron avulla tietoa ADS -reitittimeen, josta ADS WebService:n avulla haluttu tieto voidaan lähettää Internetiin hyödyntäen http-yhteyttä siten, että tiedot ovat luettavissa selaimen kautta kaikilla yleisimmillä laitteilla. Voidakseen hyödyntää WebService -kommunikointia, on ensin luotava virtuaalikansio. Olettamuksena on, että TcAdsWebService.dll tiedosto on määritetty ja sille on luotu tarvittavat oikeudet.



Kuva 24. TwinCAT ADS WebService:n havaintokuva [17]

Kansiolle määritetään nimi, esimerkiksi CX5130 ja fyysinen sijainti laitteella. Fyysiseksi sijainniksi valitaan C:\Webui\Cx5130. Nyt kansio on saavutettavissa osoitteen "http://ip-osoite/Cx5130" kautta. Kuvassa 25 on havainnollistettu virtuaalikansion muodostamista.





Kuva 25. Virtuaalikansion muodostaminen.

### 9.3.2 WebServiceen Käyttö

Kun virtuaalikansio on muodostettu, voidaan kansion sisään siirtää html-koodi, sekä "TcAdsWebService.js" JavaScript tiedosto, joka mahdollistaa kommunikoinnin PLC-ohjelman kanssa. Html tiedostoon eli verkkosivuun täytyy määrittää osoite tähän kyseiseen JavaScript tiedostoon, sekä määrittää PLC-ohjelman portti (normaalisti 851 TwinCAT 3:ssa). Myös TcAdsWebService.dll tiedoston polku täytyy määrittää. Ilman näitä määrittämiä WebService ADS kommunikointia ei voida käyttää. Alla olevat esimerkkikoodit on muodostettu hyödyntäen Beckhoffin verkkosivulta löytyvää WebService ADS sumcommando -esimerkkiä. Määrittäykset tehdään kuvan 26 mukaisesti.

```
var NETID = ""; // Jätetään tyhjäksi paikallisessa käytössä;
var PORT = "851"; // PLC runtime, TwinCAT 3:ssa : 851
var SERVICE_URL = "http://169.254.80.121/TcAdsWebService/TcAdsWebService.dll"; // HTTP osoite TcAdsWebService:een;
```

Kuva 26. Html-koodin pakolliset määrittäykset

Seuraavaksi muodostetaan luettelo symbolien lukemisesta. Koska muuttujat luetaan symbolisesti, ei ole tarvetta niiden tarkan sijainnin määrittelemiselle koodissa. Esimerkki koodin tapauksessa luetaan PLC-ohjelmasta kolmea eri muuttujaa: "MAIN.fFrequency" (taajuus), "MAIN.fRmsValue" (neliöllinen keskiarvo signaalista) ja "MAIN.FmaxAmpl" (maksimi amplitudi). Katso kuva 27.

```
// Luettelo muuttujien symbolien lukemisesta;
var handlesVarNames = [
    "MAIN.fFrequency",
    "MAIN.fRmsValue",
    "MAIN.fMaxAmpl "
];
```

Kuva 27. Taulukko luettavista muuttujista

Seuraavaksi muodostetaan ”sumcommando” symbolien osoittimien lukemiseen Twin-CAT koodista. Hyödynnetään kommunikointikirjaston ”TcAdsWebService.DataWriter” objektia lukukomennon lähettämiseen. Määritetään parametrit kuvan 28 koodin mukaisesti. Koska ”DataWriter” -objekti on muotoa ”Dint”, on sen koko 4 bittiä.

```
// Luodaan sumcommando twincat symbolien arvojen lukemiseen nimen perusteella;
var handleswriter = new TcAdsWebService.DataWriter();

// Kirjoitetaan yleisesti tiedot symbolien käsittelijöille TcAdsWebService.DataWriter objektille;
for (var i = 0; i < handlesVarNames.length; i++) {
    handleswriter.writeDINT(TcAdsWebService.TcAdsReservedIndexGroups.SymbolHandleByName);
    handleswriter.writeDINT(0);
    handleswriter.writeDINT(4); // Oletettu koko; Käsittelijän koko 4 bittiä;
    handleswriter.writeDINT(handlesVarNames[i].length); // Symbolin nimen pituus;
}

// Kirjoita symbolien nimet TcAdsWebService.DataWriter objektille;
for (var i = 0; i < handlesVarNames.length; i++) {
    handleswriter.writeString(handlesVarNames[i]);
}

// Lähetetään list-read-write komento TcAdsWebService hyödyntäen readwrite funktiota TcAdsWebService.Client objektilta;
client.readwrite(
    METHOD,
    PORT,
    0xFO82, // IndexGroup = ADS list-read-write komento; Käytetään Twincat symbolien pyyntöön.;
    handlesVarNames.length, // IndexOffset = Symbolien lukumäärä;
    (handlesVarNames.length * 4) + (handlesVarNames.length * 8), // Pyydetyn datan pituus + 4 bittiä virhekoodia ja 4 bittiä per twincat symboli;
    handleswriter.getBase64EncodedData(),
    RequestHandlesCallback,
    null,
    general_timeout,
    RequestHandlesTimeoutCallback,
    true);
});
```

Kuva 28. Sumcommando arvojen lukemiseen ADS-reitittimeltä

Luetaan osoittimet TcAdsWebService.DataReader -objektilta, ja luodaan niitä vastaavat osoittimet. Luodaan uusi sumcommando komento symbolien arvojen lukemiseen osoittimien perusteella. Määritellään jokaiselle osoittimelle tarvittavat parametrit: indeksiryhmä, osoitin sekä muuttujan koko (Lreal-luvulle 8 bittiä). Katso kuva 29.

```

// Lue osoittimet TcAdsWebService.DataReader objektilta, Luodaan DataReader osoittimet;
var hfFrequency = reader.readDWORD();
var hfRmsValue = reader.readDWORD();
var hfMaxAmpl = reader.readDWORD();

// Luodaan sumcommando symbolien lukuun osoittimen perusteella
var readSymbolValuesWriter = new TcAdsWebService.DataWriter();

// "MAIN.fFrequency" // LREAL
readSymbolValuesWriter.writeDINT(TcAdsWebService.TcAdsReservedIndexGroups.SymbolValueByHandle); // IndexGroup
readSymbolValuesWriter.writeDINT(hfFrequency); // IndexOffset = The target handle, nimeä oikea handleri
readSymbolValuesWriter.writeDINT(8); // Luettava koko, koko Lreal = 8 bittiä

// "MAIN.fRmsValue" // LREAL
readSymbolValuesWriter.writeDINT(TcAdsWebService.TcAdsReservedIndexGroups.SymbolValueByHandle); // IndexGroup
readSymbolValuesWriter.writeDINT(hfRmsValue); // IndexOffset = The target handle, nimeä oikea handleri
readSymbolValuesWriter.writeDINT(8); // Luettava koko, koko Lreal = 8 bittiä

// "MAIN.fMaxAmpl" // LREAL
readSymbolValuesWriter.writeDINT(TcAdsWebService.TcAdsReservedIndexGroups.SymbolValueByHandle); // IndexGroup
readSymbolValuesWriter.writeDINT(hfMaxAmpl); // IndexOffset = The target handle, nimeä oikea handleri
readSymbolValuesWriter.writeDINT(8); // Luettava koko, koko Lreal = 8 bittiä

//Nouda Base64 koodattu data TcAdsWebService.DataWriter;
readSymbolValuesData = readSymbolValuesWriter.getBase64EncodedData();

// Aloita Symbolien luku syklistisesti;
readLoopID = window.setInterval(ReadLoop, readLoopDelay);

```

Kuva 29. Uusi sumcommando symbolien arvojen lukemiseen

Lähetetään uusi komento hyödyntäen taas "readwrite" -komentoa, ja noudetaan muuttujien arvot TcAdsWebServicesta kuvan 30 mukaisesti.

```

// Lähetetään read-read-write komento TcAdsWebService hyödyntäen readwrite funktiota the TcAdsWebService.Client objektilta;
client.readwrite(
    NETID,
    PORT,
    0xF080, // 0xF080 = Luku komento;
    handlesVarNames.length, // IndexOffset = muuttujien määrä;
    24 + (handlesVarNames.length * 4), //Pyydytyn datan koko, jos haetaan 3kpl Lreal muuttujia 3x8 bittiä;
    readSymbolValuesData,
    ReadCallback,
    null,
    general_timeout,
    ReadTimeoutCallback,
    true);
});

```

Kuva 30. muuttujan arvojen noutaminen.

Lopuksi tulostetaan arvot käyttöliittymään. Nyt muuttujat on luettu ja niiden arvot voidaan tulostaa käyttöliittymään kuvan 31 koodin mukaisesti.

```
// "fFrequency" // LREAL
var fFrequency = reader.readLREAL();
// "fRmsValue" // LREAL
var fRmsValue = reader.readLREAL();
// "fMaxAmpl" // LREAL
var fMaxAmpl = reader.readLREAL();

// Kirjoitetaan data käyttöliittymään;

td_fFrequency.innerHTML = fFrequency;
td_fRmsValue.innerHTML = fRmsValue;
td_fMaxAmpl.innerHTML = fMaxAmpl;
```

Kuva 31. Muuttujien tulostaminen käyttöliittymään

WebServicen käyttö vaatii todellista osaamista sekä html- että JavaScript -ohjelmoinnista. Ilman riittävää ohjelmointiosaamista, on lähes mahdotonta käyttää näitä ominaisuuksia, sillä ohjelmistoihin ei ole olemassa mitään yksinkertaistettua käyttöliittymää. Html -koodissa täytyy määrittää jokaisen muuttujan koko bitteinä sekä sen muoto ja lisätä vielä virheen määrä bitteinä. Haettavat muuttujat on ensin esiteltävä koodissa, jotta niitä voidaan hakea. Html koodissa käytetään hyödyksi sumcommando JavaScript-komentoa arvojen lukemiseen.



# Teollinen Internet

## Muuttujien lukeminen PLC projektista

MAIN.fFrequency: 2.44140625

MAIN.fRmsValue: 89.6303606360845

MAIN.fMaxAmpl: 74.20380163167086

Kuva 32. Webservice sumcommando esimerkki

Webservice on oikeastaan ainoa keino tällä hetkellä siirtää informaatiota PLC-ohjelmasta internetiin ilman erillisiä ohjelmistoja, mutta se ei ole kovinkaan käyttäjäystävällinen ja vaatii perehtymistä sekä html- että JavaScript -ohjelmointiin. Lisäksi sen käyttöä vaivaa ohjeiden puute. Hyvinä puolina taas voidaan pitää sen toimivuutta lähes kaikilla laitteistoilla.

## 10 Yhteenveto ja pohdinta

Teollisen internetin tuomat hyödyt ovat kiistattomia. Teollinen internet mahdollista yrityksille täysin uusia liiketoimintamalleja, lisäksi se tulee tehostamaan prosesseja. Ennen kaikkea yritysten välinen tiedonkulku tulee lisääntymään ja asiakassuhteet tulevat muovautumaan digitaalisten palveluiden myötä. Teollisella internetillä on kuitenkin vielä edessään haasteita ennen laitteiden kokonaisvaltaista verkottumista. Tietoturvaongelmat on ratkaistava, jotta isot yritykset saadaan mukaan. Valmisteilla olevat standardointihankkeet tulevat varmasti helpottamaan teollisen internetin käyttöönottoa.

Alkuperäisen projektin tavoitteita ei täysin saavutettu, sillä tarvittavia rajapintatyökaluja pilvitalennukseen ei ollut saatavilla. Osittain projektia vaikeutti se, että sen haluttiin toimivan hyödyntäen vain CX5130 -sulautettua tietokonetta. Sen lisäksi useat ongelmat piinasivat projektin etenemistä, kuten laitteiston yhteysongelmat ja kirjastojen toimimattomuus. Ohjelmistojen lisensointia taas vaikeutti koulun käyttämä Outlook sähköpostiohjelmisto, joka eväsi pääsyn aktivointitiedostoihin. Osa ohjelmista saatiin toimimaan vasta logiikkatietokoneen TwinCAT -ohjelmiston päivittämisen jälkeen. Osaltaan myös aiheen tuoreus ja esimerkkien puute vaikeutti aiheen omaksumista. Esimerkiksi kommunikointi pilvipalvelun kanssa olisi vaatinut oman ohjelmiston rakentamista, eikä valmiita esimerkkejä ollut saatavilla kyseiselle laitteistolle. Uuden ohjelmointikielen oppiminen olisi vienyt liian suuren ajan projektilta.

Osa projektin tavoitteista pystyttiin kuitenkin saavuttamaan. Anturin lähettämä data pystyttiin analysoimaan TF3600 kunnonvalvonta kirjaston avulla. WebVisualizationin avulla pystyttiin signaalinkäsittelykoodista muodostamaan visualisointi, jota pystytään seuraamaan yleisimmillä laitteilla. Visualisoinnin lisäksi muodostettiin myös yksinkertainen html sivusto, joka hyödyntää JavaScript -ohjelmointia arvojen hakemiseen ADS -reitittimeltä. Molemmilla tavoilla toteutettu sivusto on saavutettavissa selaimen kautta kaikilla yleisimmillä laitteilla. Näin vaadittavasta teknologiapinosta jäi puuttumaan tiedon tallennus, joka on jatkoanalysoinnin kannalta merkittävää, jotta pystyttäisiin muodostamaan kunnollisia digitaalisia palveluita.

Tarvittavat rajapintatyökalut pilvipalvelun ja PLC-ohjelman välille julkaistaan luultavasti vuoden 2016 loppuun mennessä, mutta työn tekohetkellä työkaluja ei ollut saatavilla. Työkalujen puute rajoitti projektia merkittävästi. Ilman riittävää ohjelmointiosaamista alkuperäisten tavoitteiden saavuttaminen oli hyvin hankalaa. Anturidatan siirtäminen pilveen, olisi vaatinut ympärilleen useita eri ohjelmistoja toimiakseen. Projektin etenemisen kannalta uusien ohjelmointikielien opettelu ei ollut järkevää, sillä tarvittavat rajapintatyökalut ovat tulossa.

Kokonaisuutena työ oli erittäin mielenkiintoinen, sillä aihe oli haastava. Teollisen internetin uutuus herätti mielenkiinnon, mutta sitä piinasi työkalujen puute. Aihe oli hyvin laaja, joten kaikkia asioita ei pystytty käymään yksityiskohtaisesti läpi. Tulevaisuudessa käyttöönotto tulee merkittävästi helpottumaan, sillä saatavilla olevien työkalujen määrä tulee merkittävästi kasvamaan. Haasteena tulevat olemaan tietoturvaongelmat sekä eri laitteistokokoonpanot, jotka hankaloittavat kokonaisvaltaista verkottumista.

## Lähteet

- 1 Juhanko, Jari, Jurvansuu, Marko (toim.), Ahlqvist, Toni, Ailisto, Heikki, Alahuhta, Petteri, Collin, Jari, Halen, Marco, Heikkilä, Tapio, Kortelainen, Helena, Mäntylä, Martti, Seppälä, Timo, Sallinen, Mikko, Simons, Magnus, Tuominen, Anu. 2015. Suomalainen teollinen internet – haasteesta mahdollisuudeksi: Taustoittava kooste.
- 2 Vesa, Jarkko, 2015. Teollinen internet ja Huoltovarmuus. Huoltovarmuusorganisaatio.
- 3 Lehto, Tero, 2016. Tietoturva ratkaisee teollisen internetin kohtalon. Tivi. [verkkodokumentti] saatavissa: <http://www.tivi.fi/Uutiset/2015-03-25/Tietoturva-ratkaisee-teollisen-internetin-kohtalon-3218046.html>
- 4 Cloud Solutions Cs Oy, 2016. Teollinen Internet. Teollisuuden uusi voima, turvallisesti. [verkkodokumentti] saatavissa: <http://www.cloudsolutions.fi/teollinen-internet-teollisuuden-uusi-voima-turvallisesti/> [luettu 1.5.2016]
- 5 Kasvi, Jyrki, 2016. Kyberturvallisuus koskettaa meitä jokaista, Tiede. [verkkodokumentti] saatavissa: <http://www.slideshare.net/JyrkiKasvi/kyberturvallisuus-koskettaa-meit-jokaista>
- 6 Jari Collin, Ari Saarelainen, 2016, Teollinen internet, Liettua, Talentum Media Oy.
- 7 Kemppe Oy, 2016. Arctech. [verkkodokumentti] saatavissa: <http://www.kemppi.com/en-US/> [luettu 1.5.2016]
- 8 Kankaanpää, Jaakko, 2013. Ambientia, Teollinen internet – uusi teollinen vallankumous – nyt saatavilla netissä. [verkkodokumentti] saatavissa: <https://blog.ambientia.fi/2013/09/24/teollinen-internet-uusi-teollinen-vallankumous-nyt-saatavilla-netissa/> [luettu 1.5.2016]
- 9 Your Daily Tech, 2016. Summary Brief: IoT from the Beginning. [Verkkodokumentti] saatavissa: <https://yourdailytech.com/iot/iot-summary-brief-iot-from-the-beginning/>
- 10 All About Lean, 2015. A Critical Look at Industry 4.0. [verkkodokumentti] saatavissa: <http://www.allaboutlean.com/industry-4-0/> [luettu 1.9.2016]
- 11 Salo, Immo, 2012. Hyötyä Pilvipalveluista, Docendo.
- 12 Eazystock Blog, 2015. Big data [verkkodokumentti] <http://www.eazystock.com/blog/2015/09/01/4-ways-big-data-is-changing-how-companies-manage-inventory/> [luettu 1.5.2016]

- 13 Jukka Virtanen, 2015. Teollinen internet missä mennään Suomessa ja euroopassa. [Verkkodokumentti] Teollinen\_Internet\_missa\_mennaan\_Suomessa\_ja\_Euroopassa\_Jukka\_Virtanen.pdf [luettu 1.5.2016]
- 14 Intertechnology INC. 2016. *KISTLER PiezoBEAM Accelometers 8630c & 8636c*. [verkkodokumentti] saatavissa: [http://www.intertechnology.com/Kistler/pdfs/Accelerometer\\_Model\\_8630C\\_8636C.pdf](http://www.intertechnology.com/Kistler/pdfs/Accelerometer_Model_8630C_8636C.pdf) [luettu 01.09.2016]
- 15 Beckhoff Automation GmbH & Co. 2016. TF3600 Condition Monitoring. [verkkodokumentti] saatavissa: [https://infosys.beckhoff.com/content/1033/tf3600\\_tc3\\_condition\\_monitoring/9007200417329675.html?id=21131239146205822442](https://infosys.beckhoff.com/content/1033/tf3600_tc3_condition_monitoring/9007200417329675.html?id=21131239146205822442) [luettu 01.09.2016]
- 16 Beckhoff Automation GmbH & Co. 2016. ADS System [verkkodokumentti] saatavissa: [http://infosys.beckhoff.com/content/1033/bc9000/images/ADS\\_System.gif](http://infosys.beckhoff.com/content/1033/bc9000/images/ADS_System.gif) [luettu 01.09.2016]
- 17 Beckhoff Automation GmbH & Co. 2016. TwinCAT ADS Webservice intro. [verkkodokumentti] saatavissa: [http://infosys.beckhoff.com/content/1033/tcsample\\_tcadswebservicejs/html/intro.html?id=80882062734196170444](http://infosys.beckhoff.com/content/1033/tcsample_tcadswebservicejs/html/intro.html?id=80882062734196170444) [luettu 01.09.2016]