



TEOLLISUUS 4.0 AUTOTEOLLISUUDESSA

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Tuotantotalouden kandidaatintutkielma

2022

Joona Haikonen

Tarkastaja: Tutkijatohtori Lasse Metso

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Teknis-luonnontieteellinen

Tuotantotalous

Joona Haikonen

Teollisuus 4.0 autoteollisuudessa

Tuotantotalouden kandidaatintyö

2022

25 sivua, 5 kuvaa

Tarkastaja: Tutkijatohtori Lasse Metso

Avainsanat: Teollisuus 4.0, autoteollisuus, teollinen internet, teollinen esineiden internet, esineiden internet

Tutkimuksen tarkoitus on selvittää teollisuus 4.0:n vaikutuksia autoteollisuuteen ja perehtyä sen luomaan lisäarvoon yrityksille. Tutkimus on toteutettu kirjallisuuskatsauksena ja materiaali on autoteollisuuteen sekä teollisuus 4.0:aan pohjautuvaa.

Nykyisessä digitaalisessa maailmassa autoteollisuus on murroksessa. Tämä muutos, jota kutsutaan nimellä teollisuus 4.0 johtuu siitä, että ajoneuvojen valmistus ja yritystoiminta yleisesti on tullut yhä riippuvaisemmaksi digitaalisesta teknologiasta. Teollisuus 4.0:n lupaus autonvalmistajille merkitsee uusia toimintamalleja, tuotantomenetelmiä ja parannuksia tehokkuuteen, jos ne pystyvät määrittelemään uudelleen toimintatapansa. Uusiin digitaaliin ja fyysisiin teknologioihin, teollisuus 4.0:aan, liittyy haasteita, mutta oikealla lähestymistavalla teollisuus 4.0:n mahdollisuudet ovat merkittäviä.

Autoteollisuuden jo nyt korkea automaatioaste ja nopea uusien teknologioiden käyttöönotto luo hyvän pohjan teollisuus 4.0:lle, jossa järjestelmät, verkot ja muut laitteet ovat jatkuvasti vuorovaikutuksessa keskenään.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Engineering Science

Industrial Engineering and Management

Joona Haikonen

Industry 4.0 in the automotive industry

Bachelor's thesis

2022

25 pages, 5 figures

Examiner: Post-doctoral researcher, D.Sc. (Tech.) Lasse Metso

Keywords: Industry 4.0, automotive industry, industrial internet, industrial internet of things, internet of things

The aim of the study is to explore the impact of Industry 4.0 on the automotive industry and the added value it will bring to businesses. The study has been carried out as a literature review and the material is based on the automotive industry and Industry 4.0.

In today's digital world, the automotive industry is in a state of transformation. This transformation, known as Industry 4.0 is driven by the fact that vehicle manufacturing and business in general has become increasingly dependent on digital technology. The promise of Industry 4.0 for vehicle manufacturers means new operating models, production methods and efficiency improvements if they can redefine the way they operate. The new digital and physical technologies, Industry 4.0, present challenges, but with the right approach the possibilities of Industry 4.0 are significant.

The already high level of automation and rapid adoption of new technologies in the automotive industry provides a good basis for Industry 4.0, where systems, networks and other devices are constantly interacting.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	6
1.1	Tavoitteet.....	7
1.2	Työn rajaus ja tutkimuskysymykset.....	7
1.3	Tutkimusmenetelmät ja rakenne	7
2	Teollisuus 4.0	9
2.1	Esineiden internet.....	11
2.2	Teollinen esineiden internet	11
2.3	Big Data	12
2.4	Tärkeitä teknologioita valmistavassa teollisuudessa.....	13
3	Autoteollisuus 4.0.....	15
3.1	Nykytilanne	15
3.2	Teollisuus 4.0 alueet.....	16
3.3	Mahdollisuudet.....	18
3.4	Tuotannossa.....	20
3.5	Haasteet	22
4	Johtopäätökset	25
	Lähteet	27

Kuvaluettelo

Kuva 1: Teolliset vallankumoukset (Dima, 2021)

Kuva 2: Teollisuus 4.0:n olennaiset kokonaisuudet. (Melanson, 2018)

Kuva 3: Autoteollisuuden automaatioaste (Papulová et al., 2022)

Kuva 4: Teollisuus 4.0 jaoteltuna (mukailten Oesterreich et al., 2016)

Kuva 5: Esteiksi koetut asiat teollisuus 4.0:n implementointiin (KPMG, 2017)

1 Johdanto

Teollisella internetillä pyritään saavuttamaan taloudellista kasvua ja kilpailukykyä. Tästä syystä teollinen internet onkin hyvin tärkeä aihe maailmalla. (Juhanko et al., 2015) Teollisuus 4.0 ja teollinen internet ovat hyvin läheisiä kokonaisuuksia keskenään. Teollinen internet mahdollistaa yhdistettävyyden ja tarjoaa arvokasta tietoa, joka luo pohjan teollisuus 4.0:lle, joka on kokonaisuutena tehokkaampi kuin osiensa summa. (Lampropoulos al., 2019) Tulevaisuudessa on yhä tärkeämpää, että valmistusprosessin jokainen vaihe on mahdollisimman tehokas ajan, hävikin ja muiden kustannuksen puolesta, jotta kilpailukyky säilyy. Valmistusprosessien lisäksi muukin liiketoiminta yritystasolla on tärkeää pitää kilpailukykyisenä ja tehokkaana. Juhanko et al. (2015) listaa seuraavat kolme päätekijää miksi teollinen internet on yhä ajankohtaisempi aihe nopeasti muuttuvassa maailmassa. Laitteiden älykkyyden edellyttämät teknologiat ovat kehittyneet ja niiden käyttöönotto kustannukset ovat laskeneet. Toinen syy ajankohtaisuudelle on internetin levinneisyys, sillä tietoverkot ulottuvat jo valtaosaan teollista maailmaa nopein yhteyksin. Kolmas syy on internetin välityksellä prosessien ja liiketoiminnan mahdollinen hallinta globaalissa mittakaavassa.

Autoteollisuus muuttuu nopeasti teollisuus 4.0:n ja jatkuvan teknologisen kehityksen takia. Arvoketju kokonaisuudessaan; suunnittelusta valmiiseen lopputuotteeseen on muutoksessa, jolloin digitaaliset ja fyysiset teknologiat ovat yhä enemmän vuorovaikutuksessa keskenään. (M.B Group, 2021) Autoteollisuus mielletään usein teollisuudenalaksi, jolla teknologista kehitystyötä tehdään paljon ja uusien teknologioiden ja käytäntöjen käyttöönotto on suhteellisen nopeaa. Autoteollisuuden ansiota onkin esimerkiksi massatuotannon kehittäminen ja laajamittainen käyttöönotto Henry Fordin toimesta 1900-luvun alussa. Tutkimus on toteutettu autoteollisuuteen painottuen myös siksi, että Novicion (2021) mukaan autoteollisuus on markkina-arvollisesti yksi maailman suurimpia teollisuudenaloja.

1.1 Tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on tutustua teollisuus 4.0:n tärkeimpiin käsitteisiin ja teknologioihin yleisellä tasolla. Teollisuus 4.0:n mahdollisuuksia ja haasteita tarkastellaan autoteollisuudessa toimivan yrityksen näkökulmasta. Mahdollisuuksia käsitellään periaatteella: mitä kehityksiä yritys voi odottaa teollisuus 4.0:n myötä? Teollisuus 4.0:n haasteita tarkastellaan tutkimustietoon perustuen autoteollisuudessa toimivien yritysten kertomana. Haasteet ovat pääpainollisesti asioita, jotka ilmenevät, kun pohditaan teollisuus 4.0:n käyttöönottoa. Tutkimuksessa käsitellään niin teollisuus 4.0:n kuin teolliseen internettiin läheisesti liittyviä kokonaisuuksia kuten Big Data, automaatio ja yhdistettävyyys, sekä tarkoituksena on selvittää miten nämä tuottavat lisäarvoa yritykselle.

1.2 Työn rajaus ja tutkimuskysymykset

Autoteollisuus on rajattu ajoneuvojen ja osien tuotantoon, suunnitteluun ja kehitykseen. Autoteollisuudessa toimiva yritys kattaa niin valmiita ajoneuvoja kokoonpanevat kuin yksittäisiä komponentteja valmistavat yritykset. Tutkimuksen ulkopuolelle on rajattu esimerkiksi ajoneuvojen markkinointi, myynti ja syvälinen teollisuus 4.0:n sovelluksien tarkastelu autoteollisuudessa. Tutkimuksessa keskitytään teollisuus 4.0:n eri kokonaisuuksiin ja tarkastellaan niiden vuorovaikutusta autoteollisuudessa.

Työssä pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- 1) *Mitä teollinen internet tarkoittaa?*
- 2) *Mitä hyötyjä teollisuus 4.0 tarjoaa autoteollisuudessa toimivalle yritykselle?*

1.3 Tutkimusmenetelmät ja rakenne

Tutkimus on toteutettu kirjallisuuskatsauksena ja lähteinä on käytetty vertaisarvioituja tieteellisiä julkaisuja, koottuja tutkimuksia ja raportteja autoteollisuudesta sekä yleisesti teollisuus 4.0:sta että digitalisaatiosta. Lähdemateriaaliin sisältyy myös joitain uutisia, blogeja sekä kirjoja. Lähdemateriaalin hakuun on käytetty pääosin Google Scholaria ja

ScienceDirectia. Hakusanoina käytettiin muun muassa yhdisteitä seuraavista: industry 4.0, automotive industry, industrial internet, internet of things, manufacturing sekä muita teollisuus 4.0:aan liittyviä käsitteitä. Tutkimuksen rakenne on pyritty kokoamaan loogisesti eteneväksi. Tutkielman toisessa luvussa käsitellään teollisuus 4.0:aa yleisellä tasolla ja tarkastellaan siihen läheisesti liittyviä teknologioita ja kokonaisuuksia sekä luodaan yhteys teollisen internetin ja teollisuus 4.0:n välille. Esiteltävät teollisuus 4.0:n kokonaisuudet ja teknologiat on valittu pohjautuen niiden tärkeyteen joko itse teollisuus 4.0:n kannalta tai autoteollisuuden näkökulmasta. Tutkielman kolmannessa luvussa keskitytään tarkastelemaan teollisuus 4.0:n keskeisiä mahdollisuuksia ja haasteita autoteollisuudessa toimivan yrityksen kannalta. Kolmannessa luvussa tutkitaan myös autoteollisuuden nykyistä automaatioastetta ja hieman tarkemmin eräitä olennaisia teknologioita.

2 Teollisuus 4.0

Termiä "Industrie 4.0" – teollisuus 4.0 käytti ensimmäisen kerran vuonna 2011 työryhmä, johon kuului saksalaisia teollisuuden ja tieteen asiantuntijoita, ja siitä on sittemmin muodostunut termi, jota käytetään keskusteltaessa teollisuudesta ja sen tulevaisuuden haasteista sekä mahdollisuuksista. (Dima, 2021) Teollisuus 4.0 viittaa neljänteen teolliseen vallankumoukseen. Lyhyesti aiemmat teolliset vallankumoukset (1–3) voidaan tiivistää seuraavasti:

1. Erikoistuminen tuotannossa ja tuotantotyökalujen hyödyntäminen esim. höyryvasara (työntekijöiden rasituksen minimoiminen).
2. Automaation esiaste sähkön avulla (kustannusten minimoiminen)
3. Valmistusprosessien laaja automatisointi digitalisaation myötä (ajan minimoiminen).

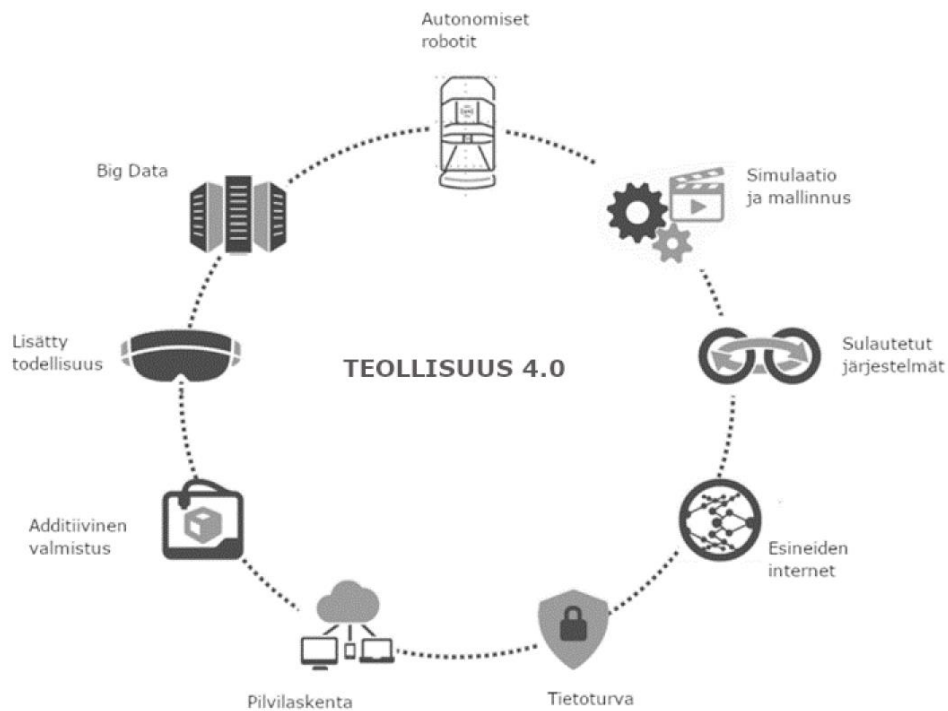


Kuva 1. Teolliset vallankumoukset (Dima, 2021)

Teollisuus 4.0:ssa yhdistyvät automaatio ja tiedonsiirto esineiden internetin ympäristössä. Käytännössä teollisuus 4.0 parantaa integraatiota ja tuottavuutta sekä edistää ihmiskunnan että ympäristön kestäväää hyvinvointia (Adenuga et al., 2019). Teollisuus 4.0 integroi tietotekniikan ja perinteiset valmistusprosessit, ja tietoa jaetaan koko organisaatiossa

toimitusketjun hallinnasta, toimintojen seurantaan ja tuotantoprosessiin ilman ihmisen jatkuva vaikuttamista prosessiin. Yksi tärkeimmistä tässä integroinnissa käytetyistä menetelmistä on ennakoiva analytiikka, jossa käytetään aiempia tietoja tuotannon laadusta, suorituskyvystä ja muista tekijöistä ohjaamaan nykyisiä toimintoja, jotka liittyvät koneen toimintaan tai prosessiparametrien optimointiin. (Juhanko et al., 2015)

Yleisenä ajatuksena on, että kun liitettyjä koneita on enemmän, tuotetaan enemmän tietoa, joka kattaa monia automatisoitujen kyberfyysisten järjestelmien parametreja. Keräämällä tietoa koneista voidaan tehdä parempia päätöksiä seuraamalla prosessien etenemistä, koska prosessin kulkua voidaan optimoida reaaliaikaisten tietojen perusteella ja resursseja voidaan käyttää paremmin. Teknologisen kehityksen ja teollisuus 4.0:n teknologioiden avulla saavutettu joustavuus mahdollistaa muun muassa sen, että "älykkäät" tehtaat voivat kasvattaa tehokkuutta, luotettavuutta, turvallisuutta ja käytännöllisyyttä autonomian avulla. (Popov et al., 2020) Nykypäivän markkinoilla ei riitä, että taataan tuotteiden olevan tuotantoprosessin vaatimuksien mukaisia, vaan on myös varmistettava, että valmistusprosessi on optimoitu.



Kuva 2. Teollisuus 4.0:n olennaiset kokonaisuudet. (Melanson, 2018)

2.1 Esineiden internet

Esineiden internet tarkoittaa fyysisten laitteiden ja internetin yhdistelmää, jossa on viestintäarkkitehtuureja, joiden avulla näitä laitteita voidaan yhdistää keskenään, valvoa ja hallita reaaliaikaisesti, milloin ja mistä tahansa. Esineiden internetin mahdollistama teollinen internet tarjoaa yrityksille monenlaisia mahdollisuuksia hyödyntää kytkettyjä teknologioita, ja siitä voi tulla merkittävä talouskasvun moottori. (Popov et al., 2020) Esineiden internetin käytännönsovelluksia on kuluttajapuolella lukuisia, esimerkiksi ilmalämpöpumpun lämpötilan muutos tai valojen sammuttaminen puhelimen avulla.

2.2 Teollinen esineiden internet

Teollinen esineiden internet – teollinen internet on General Electricin vuonna 2012 luoma käsite. Teollinen internet on esineiden internetin alaluokka ja se nimensä mukaisesti keskittyy teollisuuden applikaatioihin. (Harris, 2019) Teollinen internet määritellään kokonaisuudeksi, jossa yhdistetään internetiin kytketyt asiat kokonaisvaltaista hallintaa ja käyttöä varten. Siihen kuuluu laitteita, kuten antureita, tietokoneita, robotteja ja ajoneuvoja, joiden avulla kerätään tietoa, joka mahdollistaa muun muassa ennakoivan ja ennaltaehkäisevän kunnossapidon, palveluiden optimoinnin ja operatiivisen suorituskyvyn alentuneilla kustannuksilla. (Popov et al., 2020) Tämän lisäksi saadaan tietoa myös ulkoisista muutoksista, sillä laitteet kommunikoivat keskenään, jolloin optimointi tapahtuu koko järjestelmän eikä vain laitetasolla (Bruner, 2013). Bruner (2013) toteaa, että optimointi tehostuu, kun järjestelmän koko kasvaa ja hyödynnettävää tietoa tuotetaan enemmän. Lampropoulos al. (2019) tiivistääkin teollisen internetin tarjoavan ratkaisuja, jotka parantavat yrityksen sisäistä ymmärrystä ja kehittävät prosessien tehokkuutta ja seurantaa.

Teollinen internet on tärkeä kokonaisuus, jota eri teollisuudenalat hyödyntävät ympäri maailmaa sen innovatiivisten toimintojen ansiosta. Industrial Internet Consortium perustettiin maaliskuussa 2014, ja General Electric oli yksi sen perustajajäsenistä. Tämän organisaation ensisijaisiin tavoitteisiin kuuluvat teollisuuskoneiden viestintäprotokollien standardointi,

koulutusohjelmien kehittäminen työvoimaa varten ja alustojen yhdistäminen teollisen internetin tulevaisuutta ajatellen. (Industry IoT Consortium, 2022)

2.3 Big Data

Big Data voidaan määritellä suuriksi digitaalisiksi tietokokonaisuuksiksi. Tätä termiä käytetään yleisesti viittaamaan tietomääriin, jotka ovat liian suuria tai monimutkaisia käsiteltäväksi tavanomaisilla tietojenkäsittely menetelmillä. (McKinsey, 2011) Vain murto-osa tiedosta kyetään analysoimaan reaaliajassa ja hyödyntämään prosesseissa. Syitä tähän ovat valtavat tietomäärät, perinteiset tietokantarakenteet kuten relaatiotietokannat ja laskentatehon puute. (McKinsey, 2022) Tiedon määrä muodostuu haasteelliseksi, koska sitä saadaan monenlaisista lähteistä jatkuvasti, kuten antureista tai esineiden internetin välityksellä yhdistetyistä laitteista. Tästä johtuen onkin kehitetty Big Data -analytiikkaan työkaluja, jotka soveltuvat joustavaan ja monimuotoisten tietojen tietojenkäsittelyyn. (IBM, 2022) Lampropoulos al. (2019) nostaa esille Big Datan tärkeyden yritykselle kilpailukyvyn kannalta muun muassa koska se helpottaa päätöksentekoa ja sitä voidaan hyödyntää toimintojen tehostamisessa.

Big Datan kolme V:tä Hrehova (2018) mukaan: Volume, velocity ja variety; määrä, nopeus ja moninaisuus. Nämä kolme kuvastavat kokonaisuudessaan hyvin mitä ja minkälaista Big Data on.

Määrä - Kerätyn tiedon määrä kasvaa niin nopeasti, etteivät perinteiset tiedonhallintajärjestelmät pysy perässä. Datan suuruusluokka vaihtelee teratavuista petatavuihin. Big Data sisältää paljon tärkeää tietoa, jonka avulla prosesseja ja päätöksiä voidaan parantaa, mutta haasteena on sen käsittely ja arvokkaan tiedon löytäminen muun tiedon joukosta.

Nopeus - Uutta dataa syntyy nopeammin kuin koskaan ennen. Esimerkiksi antureita käytetään keräämään tietoja yrityksen toiminnan lukuisista osa-alueista 24/7. Tämä tietotulva asettaa yrityksille paineita seurata ja tulkita tietoja nopeasti ja tehokkaasti.

Moninaisuus - Myös tuotetun datan tyypit muuttuvat. Big Dataksi voidaan kutsua lukuisia erilaisia dataformaatteja, mutta ne voidaan jaotella kolmeen kategoriaan. Jäsentelemätön, puolijäsennelty ja jäsennelty. Jäsentelemätön data tarkoittaa, että sillä ei ole

säännönmukaista tietomallia, mikä tekee siitä vaikeaa järjestää ja analysoida. Jäsentelemätöntä dataa on muun muassa vapaamuotoinen teksti kuten sähköpostit, valokuvat ja videot. Jäsennetty data sisältää esimerkiksi asiakastiedot, tai koneellisesti tuotettu data kuten loki-tiedostot tai RFID-signaalit. Puolijäsennetty data tarkoittaa näiden kahden välimallia, esimerkiksi nettisivujen tietorakenteet, jotka koostuvat annetusta rakenteesta, mutta se sisältää jäsentelemätöntä dataa kuten käyttäjien lataamia videoita.

2.4 Tärkeitä teknologioita valmistavassa teollisuudessa

RFID tarkoittaa radiotaajuustunnistusta. Kyseessä on tekniikka, jossa RFID lukijalaite tuottaa radioaaltoja, joita käytetään esineen tunnistamiseen ja langattomaan viestintään siihen liitetyn RFID-tunnisteen kanssa. RFID:tä käytetään paljon valmistusteollisuudessa, koska RFID-tunnisteet ovat edullisia ja koska niiden avulla voidaan automatisoida monia prosesseja, kuten saapuvan ja lähtevän materiaalin tunnistaminen. Materiaalin seuranta RFID-tunnistein myös vähentää riskiä väärään sijoittamiseen tai katoamiseen. RFID:tä voidaan käyttää melkein missä tahansa sovelluksessa, jossa osien ja muun materiaalin seuranta ja tunnistaminen on tarpeen. RFID-tunnisteet ovat yleensä pieniä neliöitä, joiden sivut ovat millimetreistä muutamiin senttimetreihin. Tunnisteet on usein valmistettu muovista, ja niihin on upotettu mikrosiru, joka sisältää tunnistenumeron. (d'Hont, 2004) Tunnisteet kommunikoivat langattomasti RFID-lukijan kanssa, ja sirun sisältämiä tietoja käytetään tunnistamaan kohde.

RFID-järjestelmiä on kolme eri päätyyppiä: aktiivisia, semipassiivisia ja passiivisia. Aktiiviset tunnisteet luovat oman sisäisen virtalähteen pienen pariston avulla ja ne sisältävät lähettimen, jolloin mahdollinen lukuetaisyys on huomattavasti passiivista suurempi. Semipassiiviset tunnisteet eroavat aktiivisista, sillä ne eivät sisällä lähetintä, jolloin lukuetaisyys karsii. (Computype, 2022) Passiiviset tunnisteet käyttävät lukijalaitteesta heijastuvaa energiaa tiedonsiirtoon. Passiivisia tunnisteita voidaan kiinnittää lähes mihin tahansa, eikä ne sisällä paristoja, mikä tekee niistä halvempia ja käyttökelpoisempia valmistavassa teollisuudessa kertaluontoiseen seurantaan. RFID-tunnisteiden käyttö vapauttaa työvoimaa esimerkiksi manuaalisesta, toistuvasta esineiden skannauksesta, jolloin työvoimaa voidaan käyttää muihin työtehtäviin. (d'Hont, 2004).

Lisätty todellisuus on kerros tietokoneella tuotettua dataa, joka asetetaan digitaalisesti käyttäjän ympäristönäkymään. Tämä eroaa virtuaalitodellisuudesta, jossa täysin keinotekoinen ympäristö korvaa käyttäjän luonnollisen ympäristön. Lisätyn todellisuuden osat voidaan esittää tekstinä, kuvina tai multimediaobjekteina, jotka asetetaan käyttäjän fyysisen ympäristön päälle. Käyttäjät voivat olla vuorovaikutuksessa näiden osien kanssa liikkumalla ja tarkastelemalla niitä eri kulmista tai ohjaamalla niitä eleillä tai puhekomennoilla. (Lima et al., 2017)

Additiivinen valmistus on valmistusprosessi, jossa materiaalia levitetään kerros kerrokselta kolmiulotteisen kappaleen valmistamiseksi. Additiivista valmistusta on tutkittu 1980-luvulta lähtien, ja kiinnostus on kasvanut teollisuuden ratkaisuihin tulostustekniikoiden kehittymisen myötä. Prosessiin käytetään tietokoneohjattuja koneita, jotka levittävät ohuita materiaalikerroksia. Additiivinen valmistus mahdollistaa luomaan osia, joiden materiaalihävikki on minimaalinen ja työkalukustannukset ovat pienet verrattuna perinteisiin valmistusmenetelmiin, kuten koneistukseen tai valuun. (Sarvankar et al., 2019) Additiivista valmistusta voidaan käyttää myös yhdessä perinteisten valmistusmenetelmien kanssa, tästä johtuen additiivisiin prosesseihin perustuvia valmistusmenetelmiä, voidaan käyttää suuressa mittakaavassa sarjatuotantoon. (Charles et al., 2021)

Digitaalinen kaksonen on vuonna 2002 Michael Grievesin kehittämä käsite. Digitaalinen kaksonen luodaan virtuaaliseen ympäristöön, ja sitä voidaan käyttää monipuolisesti kasvun ennustamisesta parempien tuotteiden valmistukseen. Tämä johtuu siitä, että se tarjoaa digitaalisen kuvan siitä, miten suunnitellun kappaleen pitäisi toimia ja olla vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Käytännössä digitaalinen kaksonen on fyysisen kappaleen virtuaalinen esitys. (Kritzinger et al., 2018)

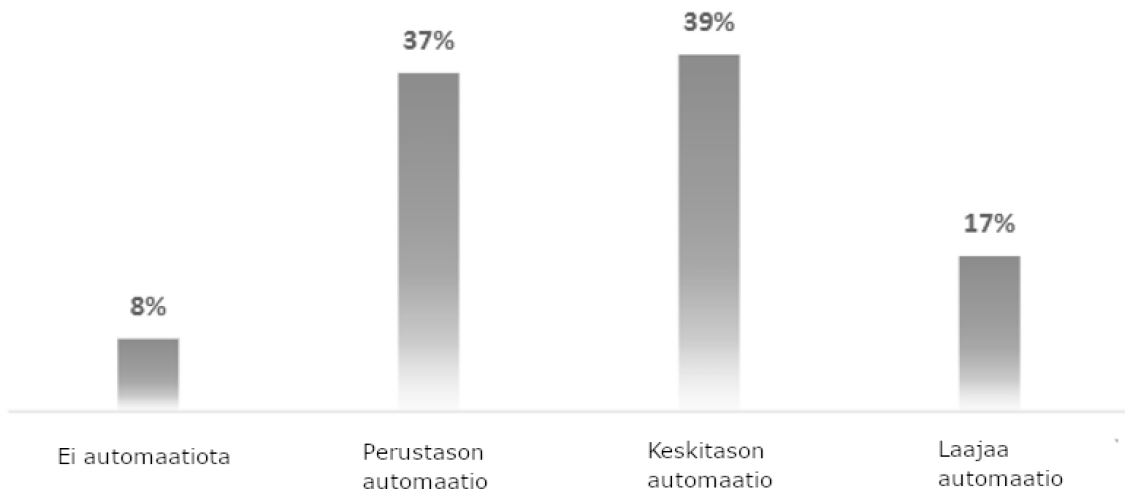
3 Autoteollisuus 4.0

Tässä osuudessa käsitellään teollisuus 4.0:n mahdollisuuksia ja haasteita yleisellä tasolla autoteollisuudessa toimivan yrityksen näkökulmasta. Mahdollisuuksissa käydään läpi, miten teollisuus 4.0:n avulla voidaan vaikuttaa yrityksen eri toimintoihin. Valmistuksen tasolla hyötyjä tutkitaan muutaman konkreettisen esimerkin pohjalta. Haasteita tutkitaan autoteollisuudessa toimivien yritysten kertomana.

Autoteollisuus on perinteisesti ollut edelläkävijä innovoinnissa, teknologioiden kehittämisessä ja vauhdittanut monien maiden teollista kehitystä, näin ollen autoteollisuudesta on muodostunut teollistumisen tunnusmerkki. (Cassia et al., 2018) Autoteollisuus on murroksessa ja se johtuu teollisuus 4.0:sta ja koko arvoketjun jatkuvasta digitalisoitumisesta. Hyödyntämällä yhdistettyjen digitaalisten ja fyysisten teknologioiden mahdollisuuksia yritykset koko arvoketjussa ovat tulossa joustavammiksi, tehokkaammiksi ja reagoivammiksi, ja ne muokkaavat uudelleen tapoja, joilla ne harjoittavat liiketoimintaansa, sitouttavat asiakkaita ja toimittavat tuotteita ja palveluja. (Rahim et al., 2021)

3.1 Nykytilanne

Papulová et al. (2022) tutkimuksessa haastateltiin 106:ta yritystä niiden automaation ja muiden teollisuus 4.0:n kokonaisuuksien käyttötasosta. Tutkimukseen osallistuneet olivat autoteollisuuden yrityksiä Slovakiasta ja Tšekistä. Kuvasta 3 nähdään, että vain 8 prosenttia yrityksistä ei käytä automaatiota lainkaan tai hyvin vähän, nämä yritykset olivat mikro- tai pienyrityksiä, jotka olivat vielä markkinoilla vakiintumisvaiheessa alle 10 vuoden kokemuksella. Valtaosa yrityksistä kertoi automaation olevan noin keskitasoa. Keskisuuret ja suuret yritykset, joilla oli yli 15 vuoden kokemus markkinoilla kertoi olevan automaatiossa edistyneellä tasolla.



Kuva 3. Autoteollisuuden automaatioaste (Papulová et al., 2022)

Slovakiassa valmistetaan muun muassa Volkswagen, Peugeot, Kia ja Land Rover merkkisiä autoja. Slovakiassa autoteollisuus on yksi tärkeimmistä teollisuudenaloista ja Slovakia onkin maailman suurin autonvalmistaja väkilukuun suhteutettuna ja Euroopan 7. suurin autonvalmistaja tuotantomäärällisesti. (Mammadli, 2020)

3.2 Teollisuus 4.0 alueet

Oesterreich et al. (2016) on tutkimuksessaan listannut olennaiset teollisuus 4.0:n teknologiat ja käsitteet sekä jaotellut ne kolmeen ryhmään. Kuvan 4 ensimmäisellä tasolla nähdään teknologioita, jotka ovat olennaisia älytehtaille valmistavassa teollisuudessa. Toisella tasolla on muun muassa tuotesuunnitteluun, testaukseen ja tuotannon simulointiin liittyviä teknologioita. Kolmannella tasolla on puhtaasti digitaalisia käsitteitä, jotka tukevat tasojen 1–2 kokonaisuuksia.

Taso	Avain teknologioita ja kokonaisuuksia Teollisuus 4.0 kannalta
Älytehdas (T1)	Kyberfyysiset järjestelmät
	RFID
	Esineiden internet
	Automaatio
	Esivalmistus
	Additiivinen valmistus
	Tuotteen elinkaaren hallinta
	Robottiikka
	Ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus
Simulointi ja mallinnus (T2)	Simulointi työkalut ja mallit
	Virtuaalinen todellisuus
	Lisätty todellisuus
Digitalisaatio ja virtualisointi (T3)	Pilvilaskenta / pilvi
	Big Data
	Sosiaalinen media
	Digitointi

Kuva 4. Teollisuus 4.0 jaoteltuna (mukaihen Oesterreich et al., 2016)

Ensimmäisen tason teknologioilla pyritään automatisoimaan tuotantoa ja luomaan älytehtaita, osa teknologioista on suuressa suosiossa ja laajamittaisessa käytössä eri teollisuudenaloilla (Oesterreich et al., 2016). Drahekoupil (2020) mukaan autoteollisuusyriitykset ovat saavuttamassa rajaa tehokkuuden, monimutkaisen osien toteutettavuuden ja tuotteiden yksilöllistämisen osalta, jos automaation tasoa ei kehitetä. Drahekoupil (2020) perustelee teollisuus 4.0:n teknologioiden tärkeyttä muun muassa siksi, että autoteollisuudessa teollisuus 4.0:n mahdollistava kypsyyssaste on korkeampi kuin muilla teollisuudenaloilla. Keskeisiä teknologioita älytehtaan kannalta ovat kyberfyysiset järjestelmät sekä sulautetut järjestelmät. Valmistusprosessissa sulautetut järjestelmät ja valmistuskoneet kommunikoivat jatkuvasti keskenään sekä voivat itsenäisesti tehdä päätöksiä perustuen valmistusprosessin vaiheeseen. (Rüßmann et al., 2015)

Toisen tason teknologiat liittyvät tietokonesimulaatioihin ja mallintamiseen. Tietokonesimulaatioiden avulla tuotantoprosesseja voidaan analysoida ja optimoida. Tietokonesimulaatioissa virheiden havaitseminen ja ennustaminen on tehokasta, joka vähentää korjauskustannuksia merkittävästi sekä minimoi ihmishenkiin mahdollisesti kohdistuvat uhat turvallisuuskriittisten järjestelmien osalta (Iqbal et al., 2019). Kritzinger et al. (2018) toteaa, että digitaalinen kaksonen on valmistavan teollisuuden kannalta yksi potentiaalisimmista teknologioista, sillä se tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia simulointipohjaiseen suunnitteluun ja lopputuotteen optimointiin. Autoteollisuuden kovan kilpailun ja jatkuvan kehityksen myötä virtuaalinen todellisuus on Lawson et al. (2016) mukaan osoittanut toimivuutensa muun muassa tuotekehityksessä, tuotannossa ja työntekijöiden koulutuksessa. Virtuaalisen todellisuuden lisäksi autoteollisuudessa lisätyllä todellisuudella on Lima et al. (2017) mukaan monia käytännön sovelluksia kuten kunnossapidossa ja komponenttien seurannassa. Kolmannen tason teknologiat liittyvät digitalisointiin ja virtualisointiin. Digitalisaation edistys on olennainen tekijä uudentyyppisten palveluiden kannalta. Oesterreich et al. (2016) nostaa esille pilven tärkeyden, sillä se mahdollistaa palveluiden käytön yrityksen eri osastojen välillä, jolloin kaikki prosessiin osallistuvat osapuolet voivat hyödyntää, jakaa ja hallita tietoja internetin välityksellä. Big data on olennainen muun muassa ennakoivassa päätöksenteossa, tuotannon tehostamisessa ja kysynnän ennustamisessa.

3.3 Mahdollisuudet

Kuvassa 4 esiteltujen eri teknologioiden (tasot 1–3) yhteistoiminnalla ja oikeanlaisella implementoinnilla ja strategialla niiden hyödyntämisestä voidaan saavuttaa seuraavaksi listattuja hyötyjä. Tähän on listattu esiin nousseita pääpointteja, joita on usein pidetty tärkeinä teollisuus 4.0:n mahdollisuuksina niin autoteollisuudessa kuin valmistavassa teollisuudessa yleisesti.

Yhteistyö ja kommunikaatio. Digitaalisen ympäristön soveltaminen autoteollisuus 4.0:n näkökulmasta ja asiakkaan huomioon ottaminen voi lopulta parantaa asiakaskokemusta. Teollisuus 4.0:n teknologioiden avulla voidaan luoda rajapinta teollisuuden ja kuluttajan välille, mikä edistää muutosta ja myönteistä vuorovaikutusta molempien osapuolten kannalta,

esimerkiksi ongelmien ennaltaehkäisyssä. (Silva et al., 2018). Auton ostokokemus ja auton räätälöinti asiakkaan tarpeisiin helpottuu ja siten yleistyy teollisuus 4.0:n myötä (Whittier, 2018). Digitaalinen ympäristö tuo digitaalisia ratkaisuja prosesseihin, mikä vähentää vaivaa ja kasvattaa tehokkuutta. Lisääntyvä liitettävyyden tarve tuo uuden ulottuvuuden tähän jo ennestään monimutkaiseen maisemaan.

Parempi tuottavuus ja laatu vähentynein kustannuksin. Teollisuus 4.0:aa hyödyntämällä pystytään vahvistamaan ja laajentamaan yrityksen kilpailukykyä. Tuotannon joustavuutta ja tehokkuutta parannetaan entistä paremmalla viestinnällä ja tiedon hyödyntämisellä. (Bermúdez et al., 2017) Älytehtaat voivat käytännössä toimia 24/7 kun koneet, robotit ja ohjelmistot pystyvät hallitsemaan prosesseja ja laitteita, jolloin ammattitaitoisen työvoiman on mahdollista keskittyä työvoimaa vaativien tehtävien sijaan strategisempiin ja lisäarvoa tuottaviin tehtäviin. Reaaliaikainen seuranta antureiden avulla ja laadunvalvonta takaavat tuotteiden korkean laadun, virheiden määrä vähenee ja kriittiset päätökset tehdään reaaliajassa. Koko prosessi tilauksen vastaanottamisesta valmiiseen tuotteeseen on automatisoitu, mikä tarkoittaa pienempää palkallista työmäärää ja nopeampaa läpimenoaikaa. (Whittier, 2018) Vastaavasti ennakoivalla kunnossapidolla voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä (KPMG, 2017).

Apua päätöksentekoprosesseihin. Teollisuus 4.0:n laajamittainen hyödyntäminen yrityksissä helpottaa päätöksentekijöitä (Yadav et al., 2020). Esimerkiksi Big Dataa voidaan hyödyntää päätöksenteossa, havaitsemalla toistuvuuksia ja tekemällä ennusteita perustuen jo aikaisemmin kerättyyn tietoon (Rüßmann et al., 2015). Whittierin (2018) mukaan yli puolet tuotetusta tiedosta jää yrityksiltä hyödyntämättä. Whittier (2018) myös väittää, että teollisuus 4.0:n myötä kaikki data tullaan hyötykäyttämään.

Helputuksia työntekijöille. Robotit ja muu automaatio korvaa ihmisen monissa tapauksissa. Tärkeä seuraus robottien käytöstä on, että työntekijöiden fyysinen rasitus vähenee, sillä osa autoteollisuuden kokoonpanotyöstä edellyttää raskaita nostoja ja epäergonomisia työskentelyasentoja. Työntekijä voi suorittaa työtehtävänsä sujuvammin, mikä ehkäisee virheitä ja loukkaantumisia, koska rutiinitehtävät suoritetaan koneilla. Robottien ja muiden älykkäiden

koneiden käytöllä tuotannon joustavuus lisääntyy, koska ne ovat dynaamisia ja ne pystytään mukauttamaan uusiin tehtäviin. (Nardo, et al., 2019)

Toimitusvarmuuden kehittyminen: Autoteollisuuden yrityksillä on usein tuotantolaitoksia ympäri maailmaa. Yritykset pystyvät kuvainnollisesti yhdistämään tuotantolaitoksia toisiinsa teollisuus 4.0:n avulla. Kun automallien tai osien kysyntä muuttuu, tuotantotoiminnot voivat siirtyä eri alueiden välillä, esimerkiksi tietyn komponentin kysyntä kasvaa, mutta yksi tuotantolaitos ei pysty tuottamaan riittävästi kyseistä komponenttia vastaamaan kysyntään. Teollisuus 4.0:n myötä tähän pystytään reagoimaan välittömästi tuottamalla näitä komponentteja toisessa tuotantolaitoksessa tarjonnan lisäämiseksi. (Masters, 2017)

Vähentää energiankulutusta: Energiankulutusta voidaan vähentää tehokkailla tuotantolaitoksilla hävikkiä pienentämällä. Rüßmann et al. (2015) mukaan puolijohteita valmistava Infineon Technologies on kyennyt vähentämään hävikkiä ja energiankulutusta tuotantoprosesseissa hyödyntämällä Big Dataa epäkuranttien komponenttien tunnistamisessa jo tuotantoprosessin alkuvaiheessa.

3.4 Tuotannossa

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi muutama esimerkki, miten eri teollisuus 4.0:n teknologioita voidaan hyödyntää tuotantotasolla ja mitä hyötyjä niillä voidaan saavuttaa.

BMW:n (2021) mukaan RFID-teknologia on yksi tärkeimmistä teknologioista teollisuus 4.0:n älytehtaiden realisoinnissa, mutta autoteollisuudessa se ei ole vielä täysin vakiinnuttanut asemaansa. Volkswagen havainnollistaa RFID:n tärkeyttä, koska RFID-tunnisteilla merkityt osat voidaan tunnistaa automaattisesti muutamassa sekunnissa myös niiden asennuksen jälkeen. Tämä vähentää huomattavasti tavanomaista, manuaalista dokumentointia ajoneuvon kokoamisen ja testauksen aikana. (BMW, 2021) Ajoneuvon kasaamiseen käytetään tuhansia eri osia, joten asianmukainen varastohallinta ja jakelu tuotantoketjussa ovat olennaisia. Esineiden internetin, teollisen internetin ja RFID:n avulla voidaan luoda älykäs

varastonhallintajärjestelmä, jolloin komponentteja voidaan seurata reaaliajassa ja muutoksia jakeluun voidaan toteuttaa dynaamisesti tarpeen mukaan. (Rahim et al., 2021)

Autoteollisuus oli yksi ensimmäisistä teollisuudenaloista, jossa hyödynnettiin additiivista valmistusta. Autonvalmistajat ovat käyttäneet additiivista valmistusta, kuten filamenteista kuumapuristusta jo vuosia prototyyppeihin, kuten korin osien, kojelautojen ja muiden komponenttien valmistukseen. (Charles et al., 2021) Nopea tuotesuunnittelusykli auttaa eliminimaan virheet, vähentämään kustannuksia ja valmiiseen lopputuotteeseen kulutettavaa aikaa. (Lawson et al., 2016)

Additiivinen valmistus on kasvattamassa suosiotaan autoteollisuuden laajamittaisessa käytössä, jossa se pystyy muuttamaan radikaalisti autojen suunnittelu-, valmistus- ja kokoonpanotapoja juostavuutensa takia. (Sarvankar et al., 2019) Toistaiseksi valtaosa additiivisella valmistuksella tuotetuista osista eivät tarkkuuden ja laadun osalta ole riittävän korkeatasoisia autoteollisuuden massatuotannon tarpeisiin, missä toistettavat ja automatisoidut prosessit ovat ehdoton vaatimus. Additiivisen valmistuksen eri menetelmät ovat kuitenkin vuosien aikana kehittyneet tasaisesti toistettavuuden ja luotettavuuden osalta. (Charles et al., 2021)

Charles et al. (2021) tutkimuksen avainkohdat, joita voidaan saavuttaa additiivisella valmistuksella massatuotannon osalta.

- 1) Osien muotoilu ja sisäinen rakenne ei ole rajoitettu perinteisiin valmistusmenetelmiin, minkä johdosta osa voidaan tekoälyn avulla optimoida. Täten osaa voidaan massallisesti keventää, paremman lujuuden ja jäykkyyden ansiosta, ja joka lopulta vähentää myös materiaalikustannuksia. Tämä mahdollistaa muun muassa kevyemmän moottorin ja vaihteiston, mikä parantaa polttoainetehokkuutta ja vähentää ympäristölle aiheutuvaa rasitusta vähentyneen materiaalinkulutuksen johdosta.
- 2) Paremmat valmiudet tuoteinnovaatioihin ja muutoksiin sopeutumiseen, koska tuotantotoiminta on joustavampaa, mikä mahdollistaa nopeat mukautukset erityyppisten osien tuottamiseksi ja samalla tehostaen toimitusketjua.

Virtuaalista todellisuutta käytetään muun muassa prototyyppien luomiseen, virtuaaliseen kokoonpanoon ja virtuaaliseen tuotantoon (Lawson et al., 2016). Virtuaaliset prototyyppit ovat fyysisten mallien identtisiä kopioita – digitaalisia kaksosia ja tätä digitaalista kaksosta voidaan käyttää muun muassa komponentin, tuotantoketjun ja logistiikan optimointiin, virtuaalisuus vähentää myös kustannuksia ja parantaa lopputuotteen laatua monien suunnittelu iteraatioiden myötä. (Kritzinger et al., 2018). Virtuaalinen kokoonpano ja valmistus yhdistettynä lisättyyn todellisuuteen antaa valtavan edun uuden tuotantoprosessin suunnittelussa ja uusien työlaitteiden implementoinnissa. (Lawson et al., 2016) Lisättyä todellisuutta voidaan käyttää autoteollisuudessa myös kunnossapitoon, kokoonpanoon ja työntekijöiden koulutukseen. Esimerkiksi kunnossapidossa lisätty todellisuus auttaa työntekijää korostamalla komponentteja ja ohjeistamalla eri komponenttien asennuksessa tai näyttämällä animaatioita komponentin käyttäytymisestä. Kunnossapidossa tämä kasvattaa tehokkuutta ja vähentää virheitä, koska työntekijän ei tarvitse tutustua syvällisesti laitteen teknisiinpiirustuksiin ja toimintaan. Tästä syystä lisätty todellisuus mahdollistaa myös tehokkaan ja kattavan tavan kouluttaa monimutkaisia työvaiheita työntekijöille. (Lima et al., 2017)

3.5 Haasteet

Teollisuus 4.0:n käyttöönottovaiheessa ja sen jälkeen voi syntyä monenlaisia haasteita esimerkiksi työntekijöiden pätevyyden puutteesta, rahoituksesta ja tietoturvasta. Seuraavissa kappaleissa käsitellään tarkemmin, miten nämä haasteet ilmenevät ja miksi. KPMG (2017) tekemässä tutkimuksessa tarkasteltiin autoteollisuuden digitalisaatiota UK:ssa.

Kuvassa 5 nähdään tutkimuksessa esille nousseet asiat, joita yritykset pitävät esteinä teollisuus 4.0:n implementoinnille. Esteistä esille nousevat päällimmäisenä yleinen ymmärrys teknologioista ja niiden mahdollisuuksista, joka on sidoksissa työntekijöiden taitotasoon ja sen puutteisiin digitaalisessa ympäristössä. Merkittävänä esteenä pidettiin myös rahoitusta. Drahekoupil (2020) nostaa myös teoksessaan esille edellä mainitut kohdat. KPMG (2017) tutkimuksessa tietoturvaa teollisuus 4.0:n yhteydessä ei käsitellä esteenä vaan haasteena.



Kuva 5. Esteiksi koetut asiat teollisuus 4.0:n implementointiin (KPMG, 2017)

Puutteellinen pätevyys, erityisesti tietotekniikkaan liittyvä osaaminen, jota ei ole aikaisemmin laajamittaisesti vaadittu ja jota ei siksi ole tähän mennessä koulutettu työntekijöille, luo todellisen kiillon teollisuus 4.0:n edistymiselle. Müller mukaan (2019) työntekijöiden osaamisessa on perustavanlaatuisia puutteita, esimerkiksi ohjelmistojen käyttämisessä ja sopeutumisessa uusiin ohjelmistoihin. Tietotaidon ja osaamisen laajentamisen olisi oltava ensisijaisen tärkeää ja se olisi aloitettava jo ennen teollisuus 4.0:n käyttöönottoa. Älytehtaissa tarvitaan paitsi asiantuntijoita, jotka ovat palkattava, mutta myös itsenäistä osaamista työntekijöiltä. Kaiken kaikkiaan tämä edellyttää myös tarvetta, valmiutta tehdä investointeja. Yrityksien on sisällytettävä tietotekniikkaan liittyvä osaaminen nykyisiin koulutusohjelmiin. Tämä vaatii nykyisten koulutus- ja pätevyysjärjestelmien ja niiden toteuttamistapojen uudelleentarkastelua. (Müller, 2019) Müller (2019) painottaa myös tiedon läpinäkyvyyden tärkeyttä henkilöstön välillä sisäisten ongelmien välttämiseksi. Tämä edellyttää ylimmän johdon vahvaa sitoutumista ja jatkuvaa viestintää päivittäisessä toiminnassa henkilöstön kanssa.

Kustannukset teollisuus 4.0:n implementoinnissa mielletään myös esteeksi, vaikka autoteollisuuden jo olemassa olevan infrastruktuurin valmius on hyvä teollisuus 4.0:n käyttöönotolle. Tämä johtuu muun muassa siitä, että kaikki infrastruktuuri ei ole suoraan päivitettävissä teollisuus 4.0:n mukaisesti vaan se vaatisi muutostöitä ja muita investointeja. Yrityksen johto voi pitää muutoksia tarpeettomina, jos koetaan yrityksen automaatioaste ja muun toiminnan olevan riittävän kehittyneellä tasolla. Investointien ja laitehankintojen mahdollisia hyötyjä ei välttämättä pidetä tarpeeksi korkeina, jotta voitaisiin perustella niistä aiheutuvat kustannukset ja mahdolliset ongelmat. (Drahokoupil 2020)

Teollisuuden digitalisoitumisen lisääntyessä hakkerit ovat ottaneet kohteekseen yritykset ja niiden tiedot. Ajantasainen tietoturva on ratkaisu suurten kyberuhkien välttämiseen. Tietoturva on tärkeä prioriteetti yrityksille tulevaisuudessa, koska se on tärkeä osa teollisuus 4.0:n implementoinnissa sekä jatkuvan digitalisoitumisen myötä. Tietoturva tulisi olla osana jokaista vaihetta suunnittelusta ja määrittelystä validointiin. (Altran, 2021) IBM:n (2018) mukaan 86 prosenttia tutkituista autoteollisuuden yrityksistä ei suorita säännöllisesti tietoturva-arviointeja. Tietoturvan tärkeyttä painottaa myös haittaohjelmahyökkäyksiä kasvava trendi, vuodesta 2009 hyökkäyksiä määrä on noussut 12 miljoonasta 800 miljoonaan jo vuoteen 2018 mennessä (purplesec.us, 2021).

IBM:n (2018) tekemässä tutkimuksessa nostetaan esille seuraavat kriittiset kohdat, jotka voivat aiheuttaa tietoturvan laiminlyönnistä.

- 1) Arkaluontoisen tai luottamuksellisten tietojen leviäminen.
- 2) Yrityksen maineen ja uskottavuuden menettäminen.
- 3) Tuotantohäiriöt ja älytehtaan laitteiden väärinkäyttö.

4 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tavoite oli tarkastella teollisuus 4.0:aa autoteollisuudessa toimivan yrityksen näkökulmasta keskittyen pääpainollisesti teollisuus 4.0:n kokonaisuuksiin, mahdollisuuksiin ja implementoinnin vaikeuksiin. Tutkimuksessa esitettyjä tutkimuskysymyksiä oli kaksi:

1) Mitä teollinen internet tarkoittaa?

Teollinen internet käsittää tiedonkeruun antureiden avulla, järjestelmien välisen vuorovaikutuksen internetin avulla ja automaatiojärjestelmiä. Teollinen internet on esineiden internetin välityksellä osa teollisuus 4.0:n kokonaisuutta ja se on teollisuus 4.0:aa täsmällisempi käsite, mikä vastaavasti on digitalisaation, fyysisten ja digitaalisten teknologioiden ja käytännön sovelluksien yhdistelmä. Teollinen internet valittiin tutkimuskysymykseksi, sillä se on olennainen osa teollisuus 4.0:n kokonaisuutta ja yhteistoimintaa. Tästä syystä tutkimuksessa teollisen internetin ja teollisuus 4.0:n välinen raja on ajoittain häilyvä, sillä esimerkiksi Big Datan hyödyttämistä on vaikea jaotella, koska kokonaisuuteen liittyy monia tekijöitä.

2) Mitä hyötyjä teollisuus 4.0 tarjoaa autoteollisuudessa toimivalle yritykselle?

Autoteollisuudelle teollisuus 4.0 tarjoaa mahdollisuuden hyödyntää tietoa ja lisätä toiminnan tehokkuutta. Teollisuus 4.0:lla on potentiaalia saavuttaa monia parannuksia sekä tuotantoprosesseissa laadun ja tehokkuuden osalta että yritystasolla yleensä. Autoteollisuuden nykyisessä digitalisaatiossa ei ole kyse pelkästään uusien teknologioiden käyttöönotosta, vaan muutokset vaikuttavat liiketoiminnan kaikkiin tasoihin ja osa-alueisiin tuotekehityksestä liiketoimintaprosessien hallintaan yrityksessä yleensä.

Autovalmistajien tulisi harkita teollisuus 4.0:n implementointia laajasti yritystoimintaansa, sillä teknologian kehitys muuttaa tapaa, jolla yritykset hallitsevat tietoa, älykkyyttä ja toimintoja organisaatioissaan. Tulevaisuutta ajatellen teollisuus 4.0 on keskeinen tekijä

huippuosaamisen ja kilpailukyvyn saavuttamisessa autoteollisuudessa sekä joustavuuden ja tuottavuuden lisäämisessä. Teollisuus 4.0:aa hyödyntämällä voidaan optimoida olemassa olevia järjestelmiä ja samalla luoda uusia liiketoimintamalleja. Esimerkiksi digitaalinen kaksonen ja virtuaaliset ympäristöt ovat tärkeitä teollisuus 4.0:n alueita, sillä niiden avulla yritykset voivat ymmärtää tuotantoprosessejaan paremmin ja luoda entistä laadukkaampia tuotteita. Lisäksi tuotettua tietoa antureista ja muista laitteista, jotka ovat liitetty esineiden internetin avulla, voidaan hyödyntää monin eri tavoin koko organisaatiossa. Additiivinen valmistus on massatuotannon kannalta erittäin potentiaalinen valmistusmenetelmä, mikäli se tulevaisuudessa saavuttaa kehityksentason, jolla se täyttää autoteollisuuden massatuotannon vaatimukset.

Tutkimus antaa yleiskuvan teollisuus 4.0:sta autoteollisuudessa, mutta tarkastelu on rajoittunut yleiselle tasolle eikä tutkimuksessa perehdytä syvällisemmin mihinkään tiettyyn teknologiaan tai kokonaisuuteen. Kiinnostavia jatkotutkimusaiheita olisi RFID:n vaikutus toimitusketjuun tai additiivinen valmistus. Jatkotutkimus voitaisiin toteuttaa autoteollisuuden toimitusketjusta ja tarkastella syvällisesti, miten RFID ja muut kokonaisuudet tehostavat toimitusketjua sekä miten niitä käytännötasolla on hyödynnetty. Toisaalta additiivinen valmistus on tulevaisuutta silmällä pitäen kiinnostava aihe, koska se tarjoaa tuotantotasolla paljon mahdollisuuksia niin rakenteen kuin kokoonpanonkin osalta. Additiivisen valmistuksen potentiaalia voitaisiin tutkia massatuotannon näkökulmasta niin autoteollisuudessa kuin muillakin aloilla kuten lentokoneteollisuudessa.

Lähteet

- Adenuga, O.T., Mpofo, K. & Boitumelo, R.I. 2019. Energy efficiency analysis modelling system for manufacturing in the context of industry 4.0. *Procedia CIRP*, Vol. 80, s. 735–740.
- Altran. 2021. Cybersecurity in Automotive: How to Stay Ahead of Cyber Threats?. *Capgemini*. [Verkkodokumentti] Saatavissa: https://capgemini-engineering.com/as-content/uploads/sites/27/2021/04/compressed_cybersecurity-in-automotive-how-to-stay-ahead-of-cyber-threats_v8.pdf
- Bermúdez, M.D. & Juárez, B.F. 2017. Competencies to adopt Industry 4.0 for operations management personnel at automotive parts suppliers in Nuevo Leon. *IEOM Society International*, s. 736–747.
- BMW. 2021. Volkswagen: Gläserner Prototyp. [Verkkoaineisto] [Viitattu 8.4.2022] Saatavissa: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Anwendungsbeispiele/377-volkswagen-glaeserner-prototyp/beitrag-volkswagen.html>
- Bruner, J. 2013. Industrial Internet. USA: O'Reilly Media, Inc.. 43 s. ISBN: 978-1-449-36825-8.
- Cassia, F. & Ferrazzi, M. 2018. The economics of cars. Newcastle Upon Tyne: Agenda Publishing. 192 s. ISBN: 978-1-911-11672-1
- Charles, A., Hofer, A., Elkaseer, A. & Scholz, S.G. 2021. Additive Manufacturing in the Automotive Industry and the Potential for Driving the Green and Electric Transition. *Sustainable Design and Manufacturing*, Vol. 262, s. 339–346.
- Computype. 2022. RFID and the Differences in Passive, Semi-Passive, and Active Tags. *Computype*. [Verkkoaineisto] [Viitattu 21.4.2022] Saatavissa: <https://www.computype.com/blog/rfid-and-the-difference-in-passive-semi-passive-and-active-tags/>
- d'Hont, S. 2004. The Cutting Edge of RFID Technology and Applications for Manufacturing and Distribution. *Texas Instrument TIRIS*, Vol. 1, s. 1-13.
- Dima, A. 2021. Short history of manufacturing: from Industry 1.0 to Industry 4.0. *KFactory*. [Verkkoaineisto] [Viitattu 20.2.2022] Saatavissa: <https://kfactory.eu/short-history-of-manufacturing-from-industry-1-0-to-industry-4-0/>.
- Drahokoupil, J. 2020. The challenge of digital transformation in the automotive industry: jobs, upgrading and the prospects for development. Brussels: ETUI, European Trade Union Institute. 180 s. ISBN: 978-2-87452-570-4

- Harris, C. 2020. Everything you need to know about IIoT. *General Electric*. [Verkkoaineisto] [Viitattu 24.2.22] Saatavissa: <https://www.ge.com/digital/blog/what-industrial-internet-things-iiot>
- Hrehova, S. 2018. Brief overview of the concept of big data. *3rd EAI International Conference on Management of Manufacturing Systems*. [Verkkodokumentti] Saatavissa: doi.org/10.4108/eai.6-11-2018.2279366
- IBM 2022. Big Data Analytics. *IBM*. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.ibm.com/analytics/big-data-analytics>.
- IBM. 2018. Automotive Industrial Internet of Things: Quick to implement, slow to secure. *IBM*. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.ibm.com/downloads/cas/QXR3DG50>
- Industry IoT Consortium. 2022. *Industry IoT Consortium*. [Verkkoaineisto] [Viitattu 20.2.2022] Saatavissa: <https://www.iiconsortium.org/>
- Iqbal, A.A., Ali, M., Khan, M.U.S. & Nawaz, R. 2019. Requirement Validation for Embedded Systems in Automotive Industry Through Modeling. *IEEE Access*, Vol. 8, s. 8697–8719.
- 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. Vol. 42. *ETLA*. 66 s. ISSN: 2323–2455.
- KPMG. 2017. The Digitalisation of the UK Automotive Industry. *KPMG*. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/uk/pdf/2017/04/The-digitalisation-of-the-UK-automotive-industry.pdf>
- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J. & Sihn, W. 2018. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 51, s. 1016–1022.
- Lampropoulos, G., Siakas, K.V. & Anastasiadis, T. 2019. Internet of Things in the Context of Industry 4.0: An Overview. *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*, Vol. 7, s. 4–19.
- Lawson, G., Salanitri, D. & Waterfield, B. 2016. Future directions for the development of virtual reality within an automotive manufacturer. *Applied Ergonomics*, Vol. 53, s. 323–330.
- M.B Group. 2021. Production is becoming smart. Industry 4.0 and the networked factory. *Mercedes-Benz Group*. [Verkkoaineisto] [Viitattu 21.4.2022] Saatavissa: <https://group.mercedes-benz.com/innovation/case/connectivity/industry-4-0.html>
- Mammadli, G. 2020. Automotive Industry in Slovakia. *YeYe Agency*. [Verkkoaineisto] [Viitattu 10.4.2022] Saatavissa: <https://www.yeyeagency.com/automotive-industry-in-slovakia>

- Masters, K. 2017. The Impact of Industry 4.0 on the Automotive Industry. *Flexis*. [Verkkoaineisto] [Viitattu 10.4.2022] Saatavissa: <https://blog.flexis.com/the-impact-of-industry-4.0-on-the-automotive-industry>
- McKinsey. 2022. The data-driven enterprise of 2025. *McKinsey & Company*. [Verkkoaineisto] [Viitattu 21.4.2022] Saatavissa: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/the-data-driven-enterprise-of-2025>
- McKinsey. 2011. Big Data: The next frontier for innovation, competition and productivity. *McKinsey & Company*. [Verkkodokumentti] Saatavissa: https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Big%20data%20The%20next%20frontier%20for%20innovation/MGI_big_data_exec_summary.pdf.
- Melanson, T. 2018. Industry 4.0 and Mobile Robots - Connecting Islands of Automation. *Aethon*. [Verkkoaineisto] [Viitattu 20.2.2022] Saatavissa: <https://aethon.com/mobile-robots-and-industry4-0/>
- Müller, J.M. 2019. Assessing the barriers to Industry 4.0 implementation from a workers' perspective. *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 52, s. 2189–2194.
- Nardo, M., Forino, D. & Murino, T. 2019. The evolution of man–machine interaction: the role of human in Industry 4.0 paradigm. *Production & Manufacturing Research*, Vol. 8, s. 20–34.
- Novicio, T. 2021. 10 Biggest Industries in the World in 2021. *Yahoo Finance*. [Verkkoaineisto] [Viitattu 20.2.2022] Saatavissa: <https://finance.yahoo.com/news/10-biggest-industries-world-2021-150703784.html>
- Oesterreich, T.D. & Teuteberg, F. 2016. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, Vol. 83, s. 121–139.
- Papulová, Z., Gažová, A. & Šufliarský, L. 2022. Implementation of Automation Technologies of Industry 4.0 in Automotive Manufacturing Companies. *Procedia Computer Science*, Vol. 200, s. 1488–1497.
- Lima, P.J., Roberto, R., Simões, F., Almeida, M., Figueiredo, L., Marcelo Teixeira, J. & Teichrieb, V. 2017. Markerless tracking system for augmented reality in the automotive industry. *Expert Systems with Applications*, Vol. 82, s. 100–114.
- Popov, G. & Ovtcharova, J. 2020. INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL INDUSTRY 4.0. Bulgaria: Scientific Technical Union of Mechanical Engineering. 52 s. ISBN: 2534-997X.
- PurpleSec LLC 2021. 2021 Cyber Security Statistics The Ultimate List Of Stats, Data & Trends. *Purplesec* [Verkkoaineisto] [Viitattu 11.4.2022] Saatavissa: <https://purplesec.us/resources/cyber-security-statistics/>

Rahim, A., Rahman, A., Rahman, M.M., Asyhari, A.T., Bhuiyan, Z.A. & Ramasamy, D. 2020. Evolution of IoT-enabled connectivity and applications in automotive industry: *Vehicular Communications*, Vol. 27, s. 1–15.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Engel, P., Harnisch, M. & Justus, J. 2015. Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *BCG*. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <https://www.bcg.com/publications/2015/engineered-products-project-business-industry-4-future-productivity-growth-manufacturing-industries>

Sarvankar, S.G & Yewale, S.N. 2019. Additive Manufacturing in Automobile Industry. *International Journal of Research in Aeronautical and Mechanical Engineering*, Vol. 7, s. 1–11.

Silva, M., Vieira, E., Signoretti, G., Silva, I., Silva, D. & Ferrari, P. 2018. A Customer Feedback Platform for Vehicle Manufacturing Compliant with Industry 4.0 Vision. *Sensors*, Vol. 18, s. 3298–3321.

Whittier, G. 2018. How industry 4.0 will disrupt automotive supply chains. *Automotive Logistics*. [Verkkooaineisto] [Viitattu 10.4.2022] Saatavissa: <https://www.automotive-logistics.media/how-industry-40-will-disrupt-automotive-supply-chains/22025.article>

Yadav, G., Kumar, A., Luthra, S., Garza-Reyes, J.A., Kumar, V. & Batista, L. 2020. A framework to achieve sustainability in manufacturing organisations of developing economies using industry 4.0 technologies' enablers. *Computers in Industry*, Vol. 122, s. 1–13.