DIGITALISAATION VAIKUTUS TEOLLISUUSYRITYKSISSÄ

The impact of digitalization on industrial companies

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Tuotantotalouden kandidaatintyö

2024

Rasmus Lattu

Tarkastaja: Tutkijatohtori Antti Ylä-Kujala

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUTin insinööritieteiden tiedekunta

Tuotantotalous

Rasmus Lattu

Digitalisaation vaikutus teollisuusyrityksissä

Tuotantotalouden kandidaatintyö

2024

37 sivua ja 13 kuvaa

Tarkastaja: Tutkijatohtori Antti Ylä-Kujala

Avainsanat: digitalisaatio, digitalisaation vaikutukset, tekoäly, robotiikka, automaatio, esineiden internet

Keywords: digitalization, the impact of digitalization, artificial intelligence, robotics, automation, internet of things

Digitalisaation vauhti on kiihtynyt viime vuosina entisestään, ja sen vaikutukset ovat havaittavissa kaikkialla, myös teollisuusyrityksissä. Uudet teknologiat, kuten tekoäly, koneoppiminen ja esineiden internet, tarjoavat yrityksille uusia mahdollisuuksia. Teollisuusyritysten onkin oltava valmiita hyödyntämään digitalisaation tarjoamia mahdollisuuksia pysyäkseen kilpailukykyisinä ja vastatakseen markkinoiden muutoksiin.

Työssä tutkitaan digitalisaation vaikutuksia teollisuusyrityksiin, keskittyen merkittävimpiin digitalisaation tuomiin teknologioihin ja niiden hyödyntämiseen. Työssä tutkitaan tarkemmin esineiden internetin, digitaalisten kaksosten sekä robotiikan ja automaation käyttötapauksia teollisuudessa. Työn lopussa tarkastellaan digitalisaation tuomia haasteita ja vaikutuksia työllisyyteen.

Työssä havaittiin, että datan keräämisellä ja sen hyödyntämisellä on valtava potentiaali. Tulevaisuudessa teollisuusyrityksen toiminnot tulevat keskittymään entistä vahvemmin datan ympärille, kun kaikki koneet ja laitteet ovat yhteydessä internetiin. Digitalisaatio on johtanut prosessien automatisointiin ja tuotannon tehokkuuden parantamiseen teollisuudessa. Kehityksen vauhti ei näytä hidastuvan, mikä asettaa yrityksille entistä suurempia paineita ja tarpeita sopeutua muutoksiin. Älykäs ja tehokas datan hyödyntäminen on keskeinen menestystekijä ja kilpailukyvyn lähde digitalisoituvassa liiketoimintaympäristössä.

LYHENNELUETTELO

Lyhenteet

IoT	esineiden internet (Internet of Things)
AI	tekoäly (Artificial Intelligence)
ML	koneoppiminen (Machine Learning)
IaaS	infrastruktuuri palveluna (Infrastructure as a Service)
PaaS	sovellusalusta palveluna (Platform as a Service)
SaaS	sovellukset palveluna (Software as a Service)
DVSMS	dynaaminen arvoketjukartoitusratkaisu (Dynamic Value Stream Mapping Solution)
PDCA	suunnittele, tee, tarkasta, toimi (Plan, Do, Check, Act)
VSM	arvoketjukartoitus (Value Stream Mapping)
DT	digitaaliset kaksoset (Digital Twins)

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Lyhenneluettelo

1 Johdanto ... 5
1.1 Työn tausta ... 5
1.2 Tavoite ja tutkimuskysymykset ... 6
1.3 Tutkimusmenetelmät ja rajaukset ... 6
1.4 Työn rakenne ... 7
2 Digitalisaatio ... 9
2.1 Digitalisaatio käsitteenä ... 9
2.2 Digitalisaation murrokset ... 10
2.3 Keskeiset teknologiat ... 12
3 Digitalisaation vaikutukset teollisuudessa ... 16
3.1 Tuotannon kokonaisvaltainen digitalisointi ... 16
3.2 Digitaaliset kaksoset teollisuudessa ... 19
3.3 Robotiikan ja automaation rooli teollisuuden kehityksessä ... 21
4 Tulevaisuuden näkymät ... 24
4.1 Tulevaisuuden työvoima ... 24
4.2 Uhat ja mahdollisuudet ... 27
5 Johtopäätökset ... 30
Lähteet ... 33

1 Johdanto

Digitalisaatio on muuttanut merkittävästi tapaa, jolla teollisuusyritykset toimivat ja kilpailevat. Viime vuosikymmeninä kiihtynyt digitalisaatio on avannut uusia mahdollisuuksia, mutta samalla asettanut haasteita pysyä mukana muutoksessa. Teknologisten innovaatioiden nopea kehitys on avannut uusia mahdollisuuksia teollisuuden alalle tarjoten muun muassa ratkaisuja tuotantoprosessien optimointiin, tuotannon automatisointiin ja asiakaskokemuksen parantamiseen.

Teollisuuden ala on siirtymässä kohti älykkäämpää ja kytketympää tulevaisuutta, jossa teollinen internet, tekoäly ja koneoppiminen ovat keskeisessä osassa. Nämä teknologiat mahdollistavat laitteiden ja järjestelmien välisen kommunikaation, automaattisen datan keräämisen ja analysoinnin, joka mahdollistaa myös ennakoivan kunnossapidon toteuttamisen. Uusien teknologioiden käyttöönotto on kallista ja aikaa vievää, mutta ne parantavat tuotantoprosessien tehokkuutta ja vähentävät häiriöiden aiheuttamia kustannuksia.

1.1 Työn tausta

Accenturen vision (2024, 6) mukaan maailma on keskellä massiivista teknologiamuutosta, kun tekoälystä ja muista mullistavista teknologioista tulee paljon inhimillisempiä ja intuitiivisempia ihmisten käytettäväksi. Accenturen teettämän kyselyn perusteella 95 % kansainvälisistä johtajista on samaa mieltä siitä, että teknologian inhimillistäminen laajentaa merkittävästi jokaisen toimialan mahdollisuuksia (Accenture 2024, 6).

Kehittyneet teknologiat ja niiden onnistunut hyödyntäminen ovat tänä päivänä olennaisen tärkeitä jokaiselle yritykselle, riippumatta niiden toimialasta. Digitalisaation myötä on syntynyt laaja valikoima teknologioita, jotka tarjoavat yrityksille uusia mahdollisuuksia toimintansa kehittämiseksi. Tämä kandidaatintyö keskittyy kartoittamaan tämän hetken kehittyneimpiä teknologioita ja niiden hyödyntämistä teollisuusyrityksissä. Teollisuus on yksi niistä aloista, joissa digitalisaation vaikutukset ovat erityisen merkittäviä ja joissa teknologisten ratkaisujen oikea-aikainen hyödyntäminen voi tuoda huomattavia kilpailuetuja.

Tarkoituksena on ymmärtää, miten nämä teknologiat voivat tulla osaksi teollisuuden toimintaa ja auttaa yrityksiä älykkäämmän ja tehokkaamman tuotannon luomisessa.

1.2 Tavoite ja tutkimuskysymykset

Kandidaatintyön tarkoituksena on luoda ymmärrystä digitalisaation vaikutuksista teollisuusyrityksiin ja tutkia, miten nämä yritykset voivat hyödyntää digitalisaatiota parantaakseen kilpailukykyään. Työssä keskitytään erityisesti niihin vaikutuksiin ja mahdollisuuksiin, joita uudet teknologiat, kuten tekoäly, automaatio ja esineiden internet, tarjoavat liiketoiminnalle. Työssä pyritään selvittämään, miten teollisuusyritykset voivat sopeutua ja hyödyntää näitä teknologisia innovaatioita parantaakseen toimintansa tehokkuutta ja kilpailukykyä markkinoilla. Työ lähestyy tätä teemaa päätutkimuskysymyksen kautta:

Miten digitalisaatio on muuttanut teollisuusyritysten toimintaa?

Tätä pääkysymystä tukevat kaksi osakysymystä, joihin pyritään myös vastaamaan työn lopussa:

Millaisia välineitä ja teknologioita digitalisaatio on tuonut teollisuusyritysten käyttöön ja miten niitä hyödynnetään?

Millaisia haasteita uusien teknologioiden käyttöönottoon liittyy?

1.3 Tutkimusmenetelmät ja rajaukset

Kandidaatintyö toteutetaan kirjallisuuskatsauksena perustuen kirjallisuuteen ja tieteellisiin artikkeleihin. Lähteenä pyritään käyttämään mahdollisimman uusia artikkeleita, jotta tieto olisi ajan tasalla. Kirjallisuuskatsauksessa esitetään johdonmukaisesti perusteltu tapaus, joka perustuu kattavaan käsitykseen tutkimuskohteen nykyisestä tietämyksestä (Machi & McEvoy 2022, 5). Tarkoituksena on tiivistää olemassa oleva olennainen tieto sekä tehdään keskeiset johtopäätökset ennalta asetettuun tutkimuskysymykseen. Työssä pyritään lähdeaineistojen sujuvaan vuoropuheluun, tavoitellen kattavaa aiheen perustelua lukijalle.

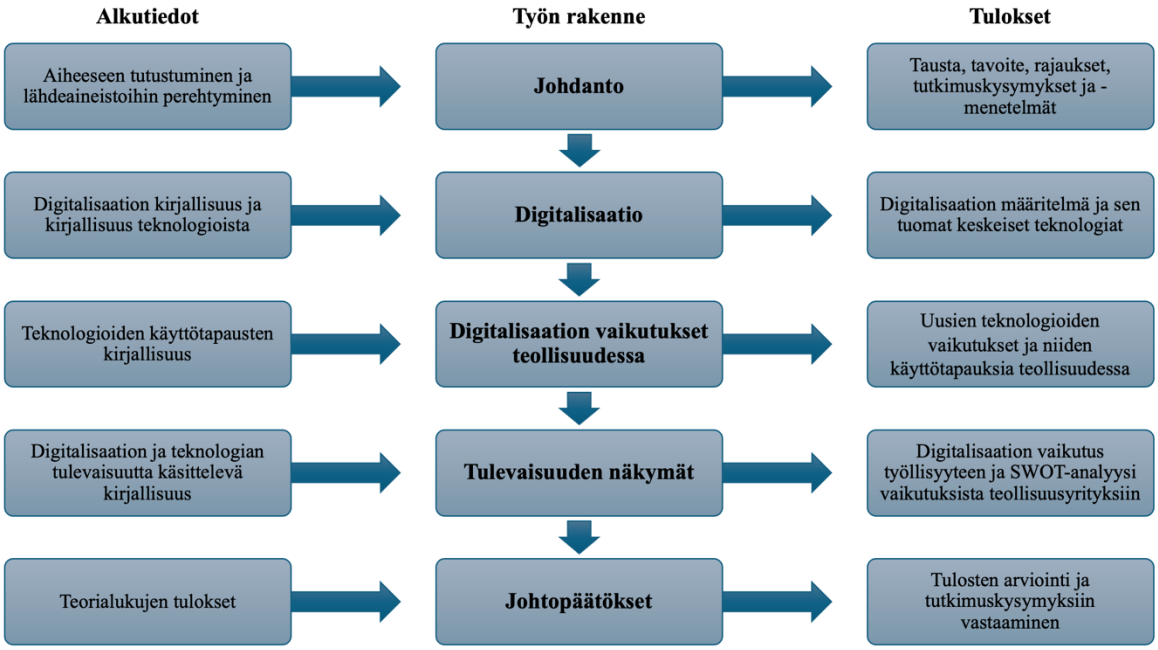
Työ alkaa teoriaosuudella digitalisaatiosta, jonka jälkeen perehdytään sen tuomiin teknologioihin ja sitä myötä niiden käyttökohteisiin teollisuudessa. Työn lopussa pohditaan

tulevaisuuden näkymiä digitalisaation kiihtyvässä kehityksessä sekä sen tuomia mahdollisuuksia ja uhkia SWOT-analyysin avulla.

Kandidaatintyö on rajattu digitalisaation vaikutusten analysointiin teollisuusyrityksissä. Työssä keskitytään erityisesti uusien teknologioiden, kuten tekoälyn, esineiden internetin sekä digitaalisten kaksosten rooliin teollisuusyrityksissä.

1.4 Työn rakenne

Kandidaatintyö koostuu viidestä pääluvusta, joka esitetään kuvassa 1 input-output-kaaviona. Pääluvut kattavat johdannon, kolme teorialukua sekä johtopäätökset.



Kuva 1. Työn rakenne

Johdanto johdattelee aiheeseen ja siinä esitellään työn tavoite ja tutkimuskysymykset. Toinen pääluku tarjoaa lukijalle yleiskuvan digitalisaatiosta käsitteenä ja esittelee sen tuomia uusia teknologioita. Tämä osio antaa lukijalle kuvan siitä, miten merkittävästi digitalisaatio vaikuttaa liiketoimintaan ja miten tärkeää on sopeutua sen tuomaan muutokseen. Kolmas pääluku esittelee digitalisaation vaikutuksia teollisuudessa. Siinä keskitytään erityisesti

teollisuuden neljännen vallankumouksen kannustamaan tuotannon digitalisointiin hyödyntäen esineiden internetiä. Osiossa käsitellään myös digitaalisia kaksosia sekä robotiikan ja automaation roolia teollisuuden kehityksessä käyttötapauksineen. Neljännessä pääluvussa tarkastellaan tulevaisuuden näkymiä erityisesti työllisyyden näkökulmasta, kiihtyvässä digitalisaation kehityksessä. Lisäksi luvussa pohditaan digitalisaatioon liittyviä uhkia ja mahdollisuuksia. Lopuksi viidennessä pääluvussa kootaan yhteen työssä tehdyt johtopäätökset ja yhteenveto sekä vastataan johdannossa asetettuihin tutkimuskysymyksiin.

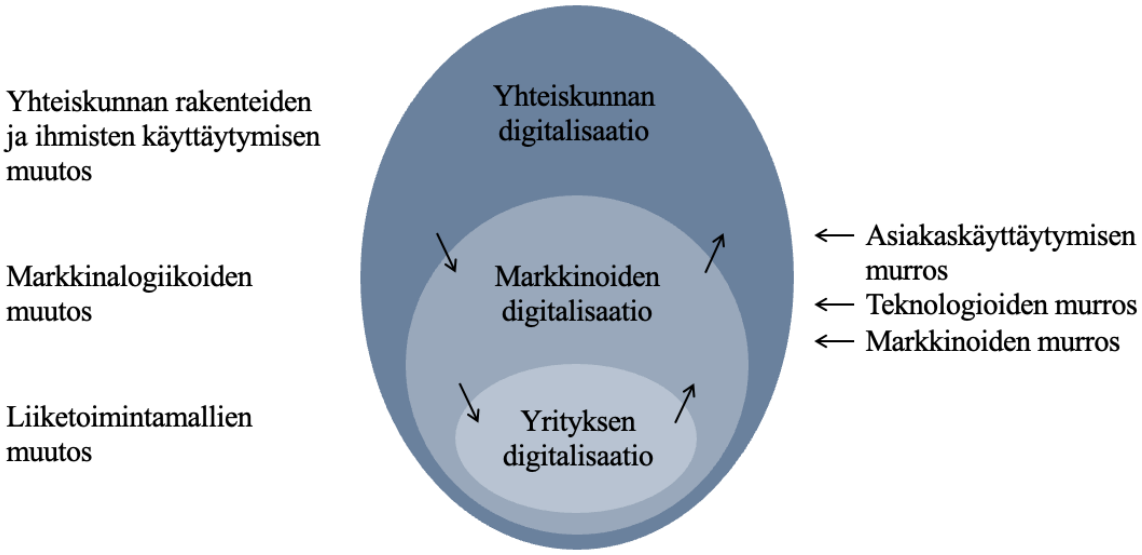
2 Digitalisaatio

Digitalisaatio on muuttanut merkittävästi tapaa, jolla yhteiskuntamme toimii, liiketoimintaa harjoitetaan ja ihmiset kommunikoivat keskenään. Se on tuonut uusia työkaluja päivittäiseen käyttöön, jotka ovat vakiintuneet arkeemme. Se pakottaa myös yrityksiä uudistamaan jatkuvasti toimintatapoja ja asettaa haasteita sopeutua muutokseen. (Ilmarinen & Koskela 2015, 13) Tässä luvussa pureudutaan siihen, mistä digitalisaatiossa on kyse ja miten se on vaikuttanut yritysten liiketoimintaan.

2.1 Digitalisaatio käsitteenä

Digitalisaatio-termi on Kielitoimiston sanakirjassa (2024) määritetty digitaali- ja tietotekniikan laajamittaisena käyttöönottona. Termi on vielä melko uusi, eikä se ole vielä täysin vakiintunut. Monesti tarkan määrittämisen sijaan, sitä pyritään selittämään esimerkkien kautta. Perimmäisenä ideana siinä on digitalisoituminen, eli asioiden, esineiden ja prosessien digitalisoimista kokonaan tai osittain (Ilmarinen & Koskela 2015, 22). Digitalisoiminen ei kuitenkaan itsessään riitä digitalisaation synnyttämiseen. Digitalisaatiosta voidaan puhua, kun digitalisoiminen muuttaa ihmisten käyttäytymistä, markkinoiden dynamiikkaa ja yritysten ydintoimintaa. Lindgren et al. (2019, 9) korostavat digitalisaatiossa, sen ympärille muodostuvien keskusteluiden merkitystä enemmän kuin pelkästään teknologioiden. Uudet teknologiat eivät itsessään synnytä digitalisaatiota, vaan niiden mahdollistamat uudet toimintatavat.

Ilmarisen ja Koskisen (2015, 23) mukaan digitalisaatiota voidaan tarkastella yksittäisen yrityksen, markkinoiden, toimialan ja koko yhteiskunnan tasolla. Digitalisaation dynamiikan ymmärtämiseksi jako voidaan tehdä mikro- ja makrotasoihin. Makrotasolla tutkitaan digitalisaation vaikutusta yhteiskunnan rakenteisiin ja ihmisten käyttäytymisen muutokseen. Mikrotasolla tarkastellaan ilmiötä yksittäisen toimijan kuten yrityksen kautta ja miten se muuttaa liiketoimintamalleja.



Kuva 2. Digitalisaation tasot (mukaillen Ilmarinen & Koskela 2015, 23)

Kuvassa 2 havainnollistetaan digitalisaation eri tasoja ja niiden välistä yhteyttä. Yritysten strategiat ja päätökset voivat muokata markkinoiden dynamiikkaa ja yhteiskunta voi aktiivisesti ohjata markkinoita sääntelyn avulla. Yksittäiset yritykset kokevat erilaista digitalisaation painetta, johon ne pyrkivät parhaansa mukaan vastaamaan. (Ilmarinen & Koskela 2015, 23)

2.2 Digitalisaation murrokset

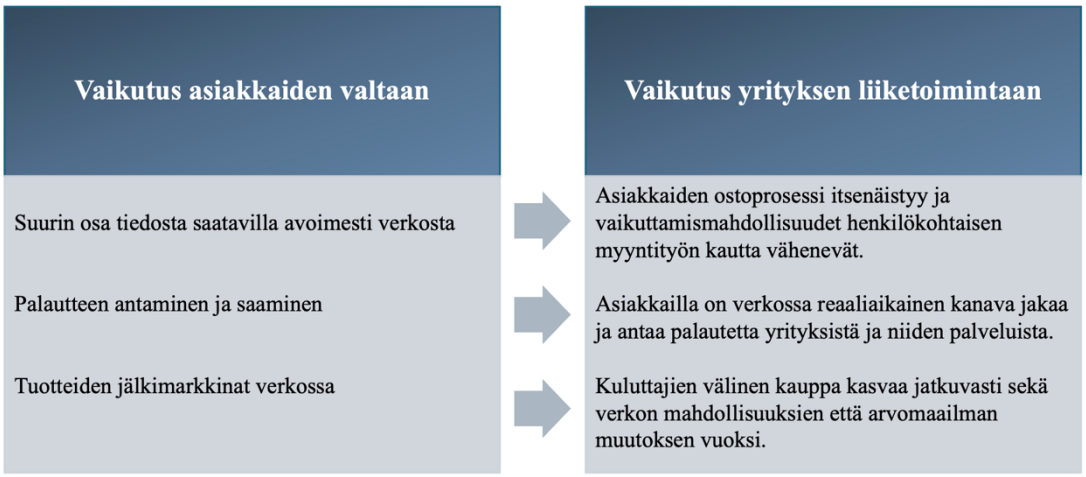
Digitalisaatio muuttaa teollisuusyritysten toimintaympäristöä merkittävästi. Ilmarisen ja Koskelan (2015, 52) mukaan osa tästä muutoksesta tapahtuu lineaarisesti ja hitaasti, kun taas osa ilmenee käänteentekevinä murroksina. Lindgrenin et al. (2019, 19) mukaan muutoksessa ovat kaikki järjestelmät ja tavat, joiden ansiosta ja joiden mukaan liikumme, asumme ja kulutamme. Tämä muutos saattaa herättää huolta yrityksissä, kun digitalisaatio tuo mukanaan suuren määrän uusia ratkaisuja, jotka saattavat rikkoa totuttuja käytäntöjä.

Toisaalta digitalisaation murros tuo mukanaan täysin uudenlaisia palveluita, liiketoimintamalleja tai toimintatapoja, verrattuna aiempiin käytäntöihin. Kuvassa 3 on esitelty digitalisaation kolme murrosta. Nämä kolme murrosta ovat muuttaneet yritysten toimintaympäristöä enemmän kuin mikään muu teollisen vallankumouksen jälkeen (Ilmarinen & Koskela 2015, 52).

Kuva 3. Teknologian murrokset (mukaillen Ilmarinen & Koskela 2015, 52)

Teknologian murros on näistä kolmesta murroksesta merkittävin, sillä se on mahdollistanut koko digitalisaation teknologisilla innovaatioilla niiden sovelluksineen. Teknologisten innovaatioiden lisäksi digitalisaatiota on kiihdyttänyt laitteiden ja ohjelmistojen jatkuva kehittyminen. Merkittävä muutos on myös se, että teknologian suorituskyvyn kasvaessa hinnat ovat alentuneet. (Ilmarinen & Koskela 2015, 59–60) Uusien liiketoiminta- ja palvelukonseptien myötä teknologia on tullut kaikkien saataville entistä paremmin ja edullisemmin. Lisäksi teknologian käyttöönotosta on tullut nopeampaa, helpompaa ja vähemmän teknistä osaamista vaativampaa kuin aiemmin. (Ilmarinen & Koskela 2015, 63)

Asiakaskäyttäytymisen murros vaikuttaa osaltaan myös teollisuusyrityksiin, koska se tekee yritysten toiminnasta läpinäkyvämpää. Asiakkaiden ostopolut ovat muuttuneet, sillä he hoitavat suuren osan ostoprosesseistaan itse etsimällä tarvittavan tiedon omatoimisesti (Korkiakoski & Gerdt, 2016, 46). Yritysten on sopeuduttava asiakkaiden uusiin toimintatapoihin, sillä asiakkaat voivat kääntyä muiden tarjoajien puoleen mistä päin maailmaa tahansa (Ilmarinen & Koskela, 2015, 53). Kuvassa 4 havainnollistetaan digitalisaation tuomia muutoksia, jotka lisäävät asiakkaiden vaikutusvaltaa yrityksiin nähden. Korkiakosken ja Gerdtin mukaan (2016, 49) nämä muutokset ovat yhä keskeisempiä liiketoiminnalle, mikä muuttaa paitsi yksittäisten yritysten toimintaa myös koko toimialaa. Siksi menestyminen edellyttää teollisuusyrityksiltä syvää ymmärrystä kohderyhmistään.



Kuva 4. Digitalisaation muutokset asiakaskäyttäytymiseen (mukaillen Korkiakoski & Gerdt 2016, 48)

Markkinoiden murros on laajentanut yritysten kilpailukenttää ja paikalliset yrityksetkin joutuvat kilpailemaan globaalisti. Asiakkaiden on yhtä helppo ostaa tuotteita ulkomaalaisista verkkokaupasta tai käyttää ulkomaisia palveluntarjoajia kuin kotimaisiakin. Nykyään menestyminen vaatii uudenlaista ajattelua ja liiketoimintamalleja, jotka ovat nopeita ja joustavia vastaamaan asiakkaiden odotuksiin. Uusien innovatiivisten liiketoimintamallien kehittäminen on usein helpompaa uusille tulokkaille kuin vakiintuneille yrityksille, mikä houkuttelee uusia markkinoille pyrkiviä yrityksiä, haastamaan perinteisiä toimijoita uusin, innovatiivisin ratkaisuin. Toimialojen väliset rajat hämärtyvät, kun yritykset pyrkivät laajentumaan digitaalisten palveluiden avulla. Digitalisaatio mahdollistaa yritysten laajentumisen globaaleille markkinoille, samalla kun se luo haasteita sääntelyyn, joka ei aina pysy teknologisen kehityksen tahdissa. (Ilmarinen & Koskela 2015, 65–69)

2.3 Keskeiset teknologiat

Käynnissä oleva neljäs teollisuuden vallankumous, jota kutsutaan myös nimellä teollisuus 4.0, rakentuu kolmannen teollisuuden vallankumouksen päälle, joka perustui transistorien, antureiden ja mikroelektroniikan käyttöön datan tuottamisessa. Teollisuus 4.0 on valmistusteollisuuden digitaalinen muutos, joka keskittyy automaatioon, yhteyksien luomiseen ja reaaliaikaiseen prosessien optimointiin, teknologiaa hyödyntämällä. Keskeisiä teknologioita ovat tekoäly (AI), koneoppiminen (ML), esineiden internet (IoT), big data ja pilvipalvelut.

Toisin sanoen teollisuus 4.0 on valmistuksen tietokoneistamista, jossa digitaalisia teknologioita kytketään koneisiin ja prosesseihin tarkoituksena tehokkuuden, tuottavuuden sekä automaation saavuttaminen. (Raja Santhi & Muthuswamy 2023, 948)

Artificial Intelligence (AI) – Rantalan et al. (2023) mukaan tekoäly viittaa algoritmeihin, jotka pyrkivät jäljittelemään ihmisten älykkyyttä päätöksentekotilanteissa. Russell et al. (2022, 11) määrittelevät tekoälyn tutkimusalueeksi, joka keskittyy agentteihin, jotka vastaanottavat havaintoja ympäristöstä ja suorittavat toimenpiteitä. Termi ”agentti” on peräisin latinan sanasta ”agere”, joka tarkoittaa ”tehdä”. Tietokoneagenttien odotetaan toimivan itsenäisesti, hahmottavan ympäristönsä, sopeutuvan muutoksiin sekä luovan ja tavoittelevan tavoitteita.

Tekoälyn kehityksen juuret ylettyvät 1950-luvulle, jolloin etsittiin mahdollisuutta kehittää koneita, jotka suoriutuisivat erilaisista tehtävistä samalla tavalla kuin ihmiset. (Merilehto 2018, 113) Tekoäly syntyi kuitenkin konseptina, joka oli liian kaukana sen aikaisesta laskentakapasiteetista. Sen vuoksi tekoälyn käyttö on kasvanut huomattavasti vasta vuonna 2012, kun tekniikka ja tietokoneiden laskentateho on ollut sillä tasolla, että on pystytty hyödyntämään ihmisen kognitiivisia menetelmiä. (Kumar 2017, 33)

Kuva 5. Tekoälyn kolme päätyyppiä (mukaillen SAP 2024)

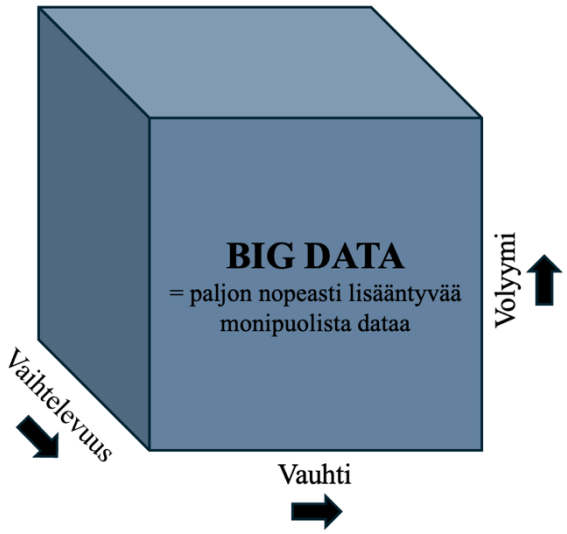
Tekoäly voidaan jakaa kuvan 5 mukaisesti kolmeen päätyyppiin: kapea tekoäly (ANI), yleisäly (AGI) ja superäly (ASI). ANI on erikoistunut vain yhteen tai muutamaan tehtävään, eikä sillä ole osaamista muilta osa-alueilta. Esimerkkejä ANI:sta ovat muun muassa sosiaalisen median suosittelualgoritmit, kääntäjät tai sään ennustamisessa käytettävät algoritmit. AGI

pyrkii jäljittelemään ihmisen kognitiivisia kykyjä laajemmin. Se kykenee suoriutumaan monista tehtävistä ihmisen lailla. ASI sen sijaan ylittää ihmisen älykkyyden, ymmärryksen ja kapasiteetin kokonaan, kehittäen itseään jatkuvasti. (AITopia 2023)

SAP:n (2024) mukaan tällä hetkellä monimutkaisimmatkin tekoälymallit hyödyntävät ANI:a. AGI ja ASI ovat enimmäkseen teoreettisia malleja, eikä niitä hyödynnetä vielä käytännön sovelluksiin samassa mittakaavassa.

Machine Learning (ML) – Kumarin (2017) mukaan koneoppiminen on tekoälyn osa-alue, johon suurin osa tekoälyn sovelluksista perustuu. Se tarkoittaa koneiden kykyä oppia työskentelemään uusien ongelmien parissa ilman, että niitä on erikseen ohjelmoitu sitä varten. SAP:n (2024) mukaan koneoppimisalgoritmien avulla tekoäly pystyy käsittelemään dataa, oppimaan siitä ja kehittymään älykkäämmäksi ilman tarvetta erilliselle ohjelmoinnille. Koneoppimisen sovelluksia ovat muun muassa puheentunnistus, liikennevalojen ohjaaminen sekä henkilön tunnistaminen (Merilehto 2018, 29).

Big data ja pilvipalvelut – Big data ja pilvipalvelut ovat nykyaikaisen tietotekniikan kaksi keskeistä käsitettä, jotka ovat muuttamassa monien alojen toimintalogiikkaa. Manyika et al. (2011, 1) mukaan big data tarkoittaa tietokokonaisuuksia, joiden koko ylittää tavanomaisten tietokantaohjelmistojen kyvyn tallentaa, säilyttää, hallita ja analysoida. Heidän mukaansa määritelmä on tarkoituksella subjektiivinen, sillä big dataa ei määritellä pelkästään teratavujen perusteella. Big dataksi luokiteltavien datamassojen koko vaihtelee myös toimialoittain ja tulee kasvamaan teknologian kehittyessä. Salo kuvaa big dataa kirjassaan kolmen V-kirjaimella alkavan sanan avulla, joita havainnollistetaan myös kuvassa 6: volyymi, vaihtelevuus ja vauhti. Volyymi viittaa datan suureen määrään, kun taas vaihtelevuus kertoo siitä, että osa datasta on strukturoitua, kuten asiakastiedot, strukturoimatonta, kuten videomateriaali, tai semistrukturoitua, kuten videoklippi, jonka metatiedoissa on tiedot kuvauksen sijainnista ja ajankohdasta. Vauhdilla tarkoitetaan datan virtaamisnopeutta sekä sen käsittelyä. Mitä paremmin data täyttää nämä kolme ulottuvuutta, sitä selvemmin se voidaan määritellä big dataksi. (Salo 2014, 26–28)



Kuva 6. Big datan ulottuvuudet (mukaillen Salo 2014, 28)

Yhdysvaltojen julkishallinnon standardeja pohtiva NIST (National Institute of Standards and Technology) määrittelee pilvipalvelut toimintamalliksi, joka mahdollistaa pääsyn vapaasti konfiguroitaviin ja skaalautuviin tietotekniikkaresursseihin, kuten laskentatehoon, tallennustilaan, palvelimiin, sovelluksiin ja palveluihin. Olennaista tässä mallissa on käyttöönoton ja käytöstä oton vaivattomuus. NIST jakaa pilvipalvelut viiteen keskeiseen ominaisuuteen: itsepalvelullisuus, pääsy palveluihin eri päälaitteilla, resurssien yhteiskäyttö, nopea joustavuus ja käytön tarkka mittaaminen (Mell & Grance 2011). Itsepalvelullisuudella tarkoitetaan, että resurssit saa tarvittaessa käyttöön ja käytön voi lopettaa itsepalveluna. Tällöin resurssit saadaan tarvittaessa käyttöön, eivätkä aiheuta kuluja muulloin. (Salo 2014, 93)

Perinteisen jaon mukaan pilvipalvelut jaetaan kolmeen kategoriaan, joista käytetään nimityksiä IaaS, PaaS ja SaaS. Todellisuudessa kategorioita on paljon enemmän ja sen takia puhutaankin XaaS:sta, joka tarkoittaa X-as-a-Service. Se viittaa palvelumallien määrään ja siihen, että niiden väliset erot eivät ole aina selkeitä. (Salo 2014, 96)

3 Digitalisaation vaikutukset teollisuudessa

Teollisuuden neljäs vallankumous eli teollisuus 4.0 vaikutti merkittävästi teollisuusyritysten digitalisaatiopyrkimyksiin. Suuret yritykset digitalisoivat toimintaansa, mikä tarkoittaa muun muassa uusien teknologioiden käyttöönottoa, järjestelmien uusimista sekä prosessien automatisointia. Tuotannon kokonaisvaltainen digitalisointi ei ole halpaa, minkä takia suuret ja varakkaat yritykset ovat pienempiä yrityksiä edellä älykkäiden tehdasjärjestelmien käyttöönotossa.

3.1 Tuotannon kokonaisvaltainen digitalisointi

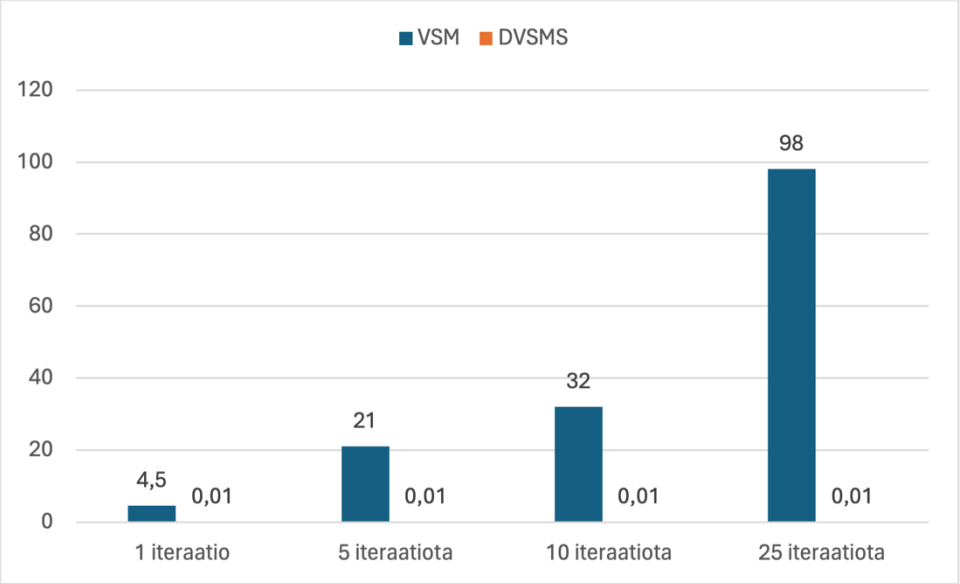
Cooperin ja Jamesin (2009, 320) mukaan meneillään olevan teollisuuden vallankumouksen käsite perustuu siihen, että internetin kautta luodaan viestintäkanava, joka mahdollistaa saumattoman kaksisuuntaisen tiedonkulun ihmisen ja koneen sekä koneen ja koneen välillä. Tätä kutsutaan esineiden internetiksi eli IoT:ksi. Se tarkoittaa erilaisten fyysisten esineiden verkostoa, johon on integroitu esimerkiksi antureita, ohjelmistoja ja digitaalitekniikkaa, joiden avulla ne voivat olla yhteydessä toisiinsa ja kommunikoida keskenään internetin välityksellä. IoT keskittyy yleisiin kuluttajasovelluksiin, kuten älykkäisiin kodinkoneisiin ja terveysseurantalaitteisiin, kun taas IIoT liittyy teollisuuslaitteisiin tai -sovelluksiin, kuten valmistukseen, laadunvalvontaan ja logistiikkaan. (Raja Santhi & Muthuswamy 2023, 956)

Balaji et al. (2020, 1) mukaan älykkääksi tuotannoksi kutsutaan tuotantojärjestelmää, joka hyödyntää IIoT:ta mittaamaan ja kehittämään tuotantoprosessia. Älykäs tuotantojärjestelmä vähentää vasteaikaa datan keräämisessä ja analysoinnissa sekä tunnistaa tarvittavat kehitystoimenpiteet. IoT sensorien pieni koko ja edullisuus mahdollistavat sen, että teollisuuslaitteisiin voidaan sijoittaa suuri määrä sensoreita. Vaikka IoT:ta on hyödynnetty teollisuudessa vielä rajallisesti, odotetaan siitä saatavan datan merkityksen kasvavan tulevaisuudessa entisestään älykkäiden, turvallisempien ja tehokkaampien tuotantojärjestelmien mahdollistajana. IoT:ta hyödynnetään myös ennakoivassa kunnossapidossa. Tuotantolinjan pysäyttäminen korjausten vuoksi aiheuttaisi tuotantoaikahävikkiä, mikä vaikuttaisi myös riippuvaisiin linjoihin. Ennakkoon tapahtuvien toimintahäiriöiden havaitseminen sopivien anturien avulla

tukee tuotantoa, mikä puolestaan johtaa kustannussäästöihin. (Shah et al. 2020, 1; Raja Santhi & Muthuswamy 2023, 956)

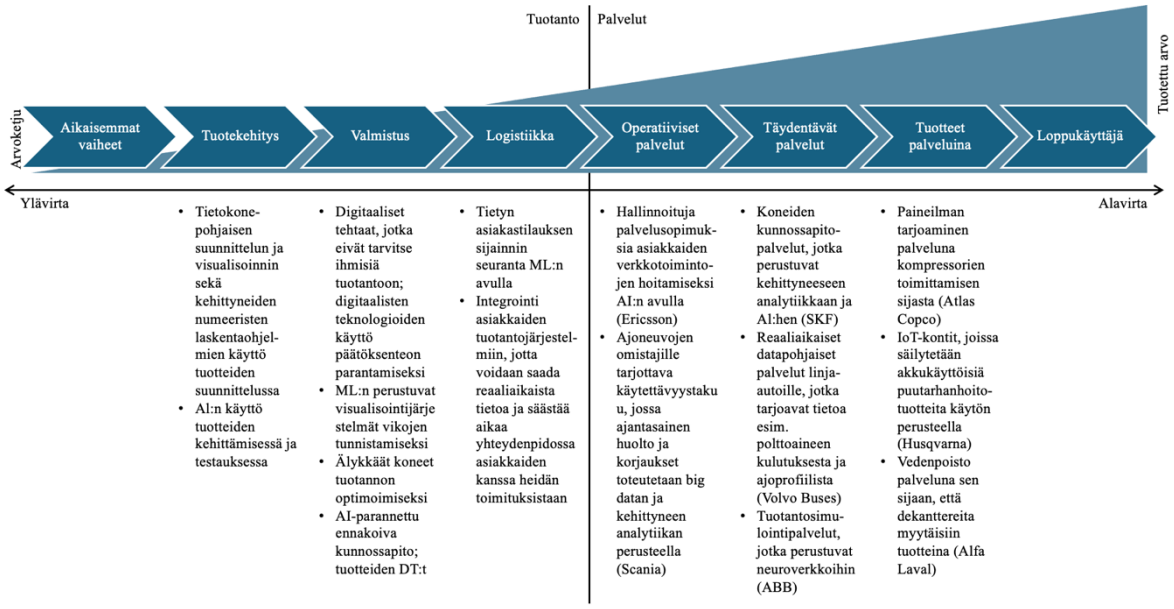
Björkdahl (2020) käsittelee artikkelissaan 26 suuren teollisuusyrityksen digitalisointipyrkimyksiä ja niissä kohdattuja haasteita. Yritykset kuuluvat useille eri aloille, kuten autoteollisuuteen, terästeollisuuteen, televiestintään, sellu- ja paperiteollisuuteen sekä puolustus- ja turvallisuusalalle. Artikkelin case-esimerkit osoittivat, että useat yritykset, keskittyvät vain tehokkuuden lisäämiseen digitalisaation avulla sen sijaan, että ne pyrkisivät kasvuun.

Digitalisaation vaikutukset yrityksiin voidaan Björkdahlin (2020) mukaan luokitella tehokkaampaan tuotekehitykseen, tehokkaampaan valmistukseen, kehittyneempiin tuotteisiin ja palveluihin sekä integroituneempiin arvoketjuihin. Arvoketjukartoitus on perinteisesti käsin paperille tehtävä kartoitus, jossa on omat rajoitteensa. Balaji et al. (2020, 3) esittelee dynaamisen arvoketjukartoituksen eli DVSMS:n, joka on perinteiseen arvoketjukartoitukseen verrattuna joustavampi sekä ymmärtää paremmin syy ja seuraus suhteen dynaamisessa ympäristössä. DVSMS perustuu sensoripohjaisen tuottavuuden mittausjärjestelmään, jossa IoT-sensorit keräävät reaaliaikaista dataa tuotannon prosesseista.



Kuva 7. Iteraatioiden aika tunneissa VSM:lle ja DVSMS:lle. (mukaillen Balaji et al. 2020, 10)

Kuvassa 7 on vertailtu Kaizenin PDCA iteraatioihin kuluvaa aikaa tunneissa perinteisen VSM:n ja dynaamisen DVSMS:n välillä. Kuvasta voidaan huomata, että VSM:n kuluva aika kasvaa iteraatioiden määrän kasvaessa, kun taas DVSMS, jonka data on IoT-pohjaista, ei kuluta enempää aikaa iteraatioiden määrän kasvaessa. Kun tarkastellaan vasteaikaa eli aikaa, joka kuluu prosessin muutoksen käyttöönoton ja sen vaikutuksen havaitsemisen välillä, DVSMS kykenee huomattavasti lyhyempään vasteaikaan VSM:ään verrattuna. Näin ollen tarkkuus lisääntyy, kun samassa ajassa voidaan suorittaa enemmän iteraatioita. (Balaji et al. 2020, 9–11)



Kuva 8. Esimerkkejä digitalisointipyrkimyksistä suhteessa teollisuusyritysten arvoketjun eri toimintoihin. (mukaillen Björkdahl 2020)

Kuvaan 8 on koottu esimerkkejä digitaalisten teknologioiden implementoinnista arvoketjun eri vaiheisiin. Esimerkit ovat peräisin johtavilta teollisuusyrityksiltä Björkdahlin (2020) artikkelista. Tuotekehitys on yksi keskeisistä vaiheista, jossa digitalisaatiolla on suuri potentiaali tehostaa valmistavan teollisuuden toimintaa (Björkdahl 2020).

Kuten kuvasta voidaan huomata, tekoälyn käyttö korostuu tuotekehityksessä. Tekoäly pystyy käsittelemään valtavia määriä dataa nopeasti ja tehokkaasti, mikä tarjoaa yrityksille arvokasta tietoa tuotekehityksen tueksi. Insinöörien työ helpottuu huomattavasti tekoälyn

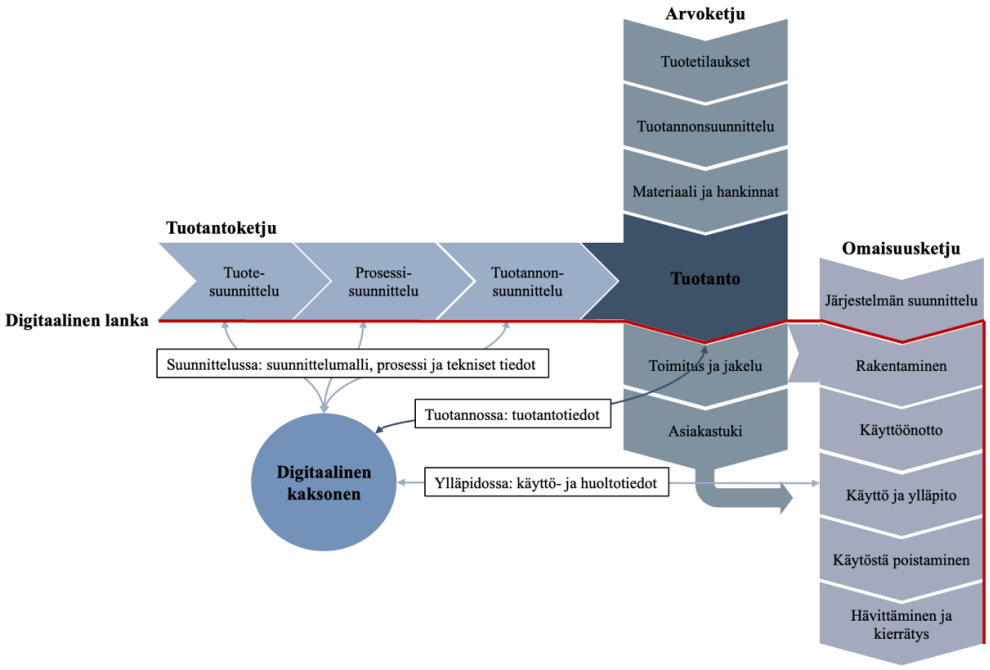
avulla, sillä se nopeuttaa suunnitteluprosessia ja mahdollistaa parempien lopputulosten saavuttamisen lyhyemmässä ajassa. (Georgiou 2023)

Digitalisaation hyödyt ulottuvat vahvasti myös valmistukseen. Björkdahlin (2020) mukaan digitaalisten teknologioiden avulla voidaan tehdä tuotantoprosesseista älykkäämpiä ja kerätä laajempaa ja laadukkaampaa tietoa. Hänen mukaansa koneoppimista hyödyntävät tietokonevisualisointijärjestelmät tunnistavat valmistusprosessin virheet, mikä vähentää tarvetta manuaaliselle tarkastukselle ja tuotteiden poistamiselle tuotantolinjalta. Lisäksi tekoälyn avulla voidaan siirtyä ennakoivaan huoltoon, mikä vähentää tuotannon seisokkeja ja huoltokustannuksia.

Scania ja SKF ovat investoineet täysin digitaalisiin tehtaisiin, mikä on parantanut tuotantosuunnittelua ja vähentänyt tuotantohäiriöitä (Björkdahl 2020). Digitaalisten tehtaiden odotetaan tekevän yrityksistä kilpailukykyisempiä ja tuottavan laadukkaampia tuotteita alhaisemmilla tuotantokustannuksilla. Georgioun (2023) mukaan Toyota tekee yhteistyötä Invisible AI:n kanssa, mikä tekee valmistuksesta turvallisempaa, laadukkaampaa ja tehokkaampaa. Tekoälyratkaisu pystyy ennakoimaan ja ehkäisemään pieniä vikoja ja loukkaantumisia analysoimalla työntekijöiden liikkumista tuotantoalueella.

3.2 Digitaaliset kaksoset teollisuudessa

Digitalisaation tuomat uudet ratkaisut vaikuttavat yksilöiden ja yritysten elämän kaikkiin osa-alueisiin, eikä valmistavateollisuus ole poikkeus. Teollisuus 4.0:n myötä valmistavateollisuus voi hyötyä uusista teknologioista merkittävästi. Digitaalinen kaksonen eli DT on teknologiakonsepti, jonka tavoitteena on luoda fyysiselle järjestelmälle digitaalinen peili, jossa kahden komponentin välillä on jatkuva tiedon kulku. Sitä voidaan käyttää nykyisen tuotantojärjestelmän seurantaan, optimointiin sekä tulevien tilojen ennustamiseen ja arviointiin. Lv:n ja Fersmanin (2022, 2) mukaan termille ei ole yksiselitteistä alkuperää, mutta tutkijoiden mukaan laajimmalle levinnyt käsite on se, että Mike Shafto käytti termiä ensimmäisenä, vuonna 2010. Silloin sitä kutsuttiin älykkäiksi virtuaalisiksi kopioiksi laitteista, jotka olivat peräisin Yhdysvaltojen ilmailu- ja avaruushallinnolta. (Atalay et al. 2022, 679)



Kuva 9. DT ja digitaalinen lanka (mukaillen Lin, S. W. 2017)

Digitaalinen lanka on viestintäkehys, jonka avulla yksittäisen tuotteen eri elinkaaren vaiheet voidaan integroida tuoteketjussa ja tuotteen tiedot ovat helposti saatavilla digitaalisia malleja varten (Lin 2017). Se mahdollistaa tiedonkulun tuotteen koko elinkaaren eri vaiheissa suunnittelusta valmistukseen ja käytöstä kierrätykseen asti, kuten kuvassa 9 on havainnollistettu.

Tao et al. (2019, 20–21) kirjoittavat, että yhdistettynä digitaaliseen lankaan, DT saa parhaan saatavilla olevan datan koko elinkaaresta. Kuva 9 havainnollistaa digitaalisen langan ja DT:n vuorovaikutusta, mikä mahdollistaa tietojen välittämisen DT:n tarpeiden mukaan elinkaaren eri vaiheista eli tuotantoketjusta, arvoketjusta ja omaisuusketjusta. Saatujen tietojen perusteella DT suorittaa fyysisen laitteen analyysin, optimoinnin sekä ennustamisen ja tuottaa simuloituja tietoja, jotka välitetään digitaaliselle langalle.

Lv ja Fersman (2022, 64) esittelevät kolme käyttötapausta DT:lle teollisuusyrityksissä. Nämä tapaukset ovat tuuliturbiinien vikadiagnoosi, rautatieliikenteen ennakoiva kunnossapito sekä logistiikan dynaaminen reititys. Ensimmäisessä tapauksessa DT:n rooli korostuu vikojen diagnosoinnissa, reaaliaikaisen tuulivoimadatan perusteella. Tuulivoimalan moottorissa ja turbiinissa olevat anturit keräävät dataa tuulivoimajärjestelmästä, jolle on rakennettu DT. Eri tuulivoimaloiden DT:t ovat vuorovaikutuksessa keskenään, mikä mahdollistaa oppimisen sekä tiedon jakamisen eri tuulipuistojen välillä. DT:n tuottama data mahdollistaa

kunnossapidon varhaisessa vaiheessa, mikä pidentää myös tuulivoimajärjestelmien elinkaarta.

Toinen esimerkki käsittelee rautatieliikenteen kunnossapitoa. Lv:n ja Fersmanin (2022, 66) mukaan teollisuus 4.0 on tuonut rautatieteollisuudelle samoja uusia teknologioita kuin muuallekin teollisuuteen, kuten big data, IoT, DT, AI sekä pilvipalvelut. Näitä teknologioita hyödynnetään ennakoivan kunnossapidon sovelluksiin vikojen diagnosoimiseksi ja niihin reagoimiseksi varhaisessa vaiheessa. Yksi rautatieliikenteen suurimmista haasteista on välttää myöhästymisiä, jotta asiakkaat olisivat tyytyväisiä ja liiketoiminta mahdollisimman tuottavaa. DT:n avulla pystytään havaitsemaan sekä kiskoista, junista tai vaihteista johtuvat laitteistoviat, että sääolosuhteista johtuvat viat.

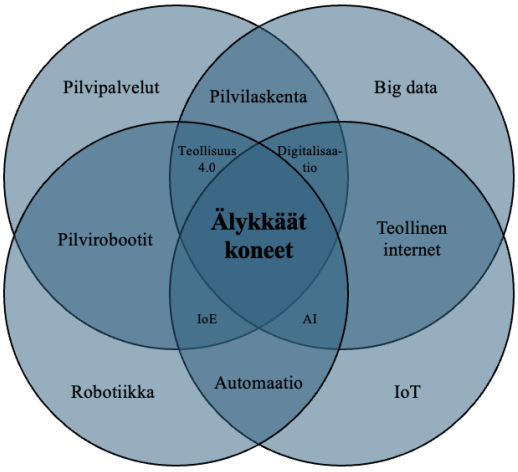
Kolmantena on esimerkki logistiikasta. Strandhagen et al. (2017, 362) tuovat artikkelissaan esille käsitteen logistiikka 4.0. Teollisuus 4.0:n vaikutukset sekä tieto- ja viestintäteknologian viimeaikaiset edistysaskeleet ovat heijastuneet myös logistiikan parantamiseen logistiikka 4.0:n avulla. Strandhagen et al. (2017, 363) kuvaavat logistiikka 4.0:ta viiden ominaisuuden mukaan: reaaliaikainen big data -analytiikka esimerkiksi optimoitua reititystä varten, uusien valmistustekniikoiden ansiosta vähentynyt varastointitarve, autonomiset robotit, joissa on seuranta- ja päätöksentekojärjestelmiä, jotka johtavat optimoituun varastonhallintaan, reaaliaikainen tiedonvaihto ja IoT, joka mahdollistaa sujuvan datan välityksen.

Lv:n ja Fersmanin (2022, 67) mukaan logistiikassa DT:tä käytetään tuotteiden seurantaan ja ongelmien tunnistamiseen visualisoimalla tavaroiden digitaaliset liikkeet ajan suhteen. Logistiikasta kerätty data esitetään DT:issä, joita hyödynnetään toimitusketjun visualisoimiseksi, mikä mahdollistaa esimerkiksi tuotteiden seurannan. Logistiikassa DT:t muun muassa nopeuttavat tavaravirtojen kulkua, tarjoavat reaaliaikaista analyysiä toimitusketjuista, synkronoivat paremmin dynaamiset reitityslogistiikkaprosessit ja seuraavat lähetyksiä jakelusuunnittelun ja toimitusvarmuuden parantamiseksi.

3.3 Robotiikan ja automaation rooli teollisuuden kehityksessä

Austin (2014) nosti vuonna 2014 Gartnerin strategisten teknologiatrendien listalle käsitteen ”smart machines”. Salon (2014, 172) mukaan nämä älykkäät koneet hyödyntävät pilvipalveluiden laskentatehoa ja tallennustilaa. Yhdistämällä kehittyneen analytiikan ja suuren

datamäärän laitteiden tuottamaan dataan, ne mahdollistavat älykkään reagoinnin ärsykkeisiin, saaden laitteet vaikuttamaan älykkäiltä, vaikkei niissä olisikaan kalliita komponentteja, merkittävää laskentatehoa tai suurta tallennustilaa. Kuvassa 10 havainnollistetaan älykkäiden koneiden suhdetta muihin teollisuuden alalla vaikuttaviin teknologioihin.



Kuva 10. Älykkäiden koneiden suhde muihin vallitseviin teknologioihin (mukaillen Salo 2014, 172)

Älykkäät koneet pitävät sisällään myös automaation, jonka juuret tulee Marttisen (2018, 64) mukaan kreikan kielen sanasta ”automatos”, tarkoittaen itsetoimivaa. Sillä tarkoitetaan sitä, että koneet ja laitteet toimivat ilman ihmisen suoranaista vaikutusta. Teollisuudessa automaatio on kuin mekaniikan jatkumo. Kun mekanisoinnissa saatiin työ suoritettua koneellisia apuvälineitä käyttäen, niin automatisoinnissa koneet saadaan toimimaan ilman ihmisen apua. Robotiikkaa Marttinen (2018, 109) luonnehtii automatisaation korkeammaksi älykkyyden tasoksi.

Ahonen et al. (2023, 16–17) mukaan ensimmäinen teollisuusrobotti oli Unimate 1900 -robotti, jota valmistettiin vuodesta 1961 vuoteen 1980. Robottia käytettiin autotehtaissa. 1980-luvulla sähkötoimiset robotit syrjäyttivät hydrauliikkaa käyttövoimana hyödyntävät robotit ja robotti-investoinnit vakiintuivat nykyiseen yli 500 000 laitteen vuosittaiseen määrään.

Perinteisesti robotiikan ja ihmisten työtehtävät on erotettu toisistaan työturvallisuuden varmistamiseksi. Ahonen et al. (2023, 28) mukaan 2010-luvulla teollisuusroboteista alettiin kehittämään kevyempiä ja edullisempia yhteistyörobotteja. Ihmisen ja robotin välinen

yhteistyö voidaan jakaa viiteen eri tasoon, joista aidattu robottisolu erottaa yhteistyön kokonaan, kun taas reagoiva yhteistyö edustaa toista ääripäätä, jossa robotti reagoi reaaliaikaisesti ihmisen liikkeisiin. Yhteistoiminta on reagoivaa yhteistyötä alempi yhteistyön taso, jossa ihmisen ja robotin työskentely tapahtuu vierekkäin, mutta kummallakin on omat prosessinsa. Tällä hetkellä yleisimmät yhteistyösovellukset ovat rinnakkaiselo, jossa on aitaamaton robotti ja erilliset työtilat, sekä vuorottainen yhteistyö, jossa robotti ja ihminen liikkuvat vuorottain jaetussa työtilassa. (Ahonen et al. 2023, 74–75)

Automaatio on kiistatta osa teollisuuden tulevaisuutta, mutta sille on myös omat rajoituksensa siitä mihin se kykenee. Frey ja Osborne (2016, 12–14) esittelevät tutkimuksessaan kolme rajoitetta, jotka määrittävät rajat ei-rutiininomaisten töiden automatisoinnille. Ensimmäisenä rajoitteena on havaitseminen. Robotit kykenevät erottamaan geometrisiä muotoja, mutta havainnointikyky on vielä kaukana ihmisen kyvystä havainnoida. Toisena rajoitteena nousi esille luovuus. Ihmisen luovuutta ja ideointia on vaikea määrittää ohjelman muotoon. Paljon luovuutta vaativat työt vaativat myös paljon tietämystä, eikä ole Frey ja Osbornen mukaan automaation saavutettavissa vielä seuraavien vuosikymmenten aikana. Kolmantena rajoitteena tutkimuksessa nähtiin sosiaalinen älykkyys. Sosiaalisia taitoja tarvitaan varsinkin ihmisten kanssa työskentelyyn. Yhtenä mahdollisena ratkaisuna tunteiden tunnistamiseen ja niihin reagoimiseen Frey ja Osborne ehdottivat ihmisten aivojen skannausta.

Ritchien ja Landiksen (2021, 115) mukaan robottikehityksen tutkimus on parantanut teknologian ja tuottavuuden soveltamista alalla. Heidän mukaansa automaatio edistää suunnittelutyön luomista, lisää kuluttajien kysyntää ja tarjoaa merkittäviä parannuksia suorituskyvyn tarkkuudessa. Kehittyvä robottiteknologia jatkaa valmistusteollisuuden kehitystä 2000-luvulla, mikä lupaa entistä tehokkaampia ja älykkäämpiä tuotantoprosesseja ja -järjestelmiä. Automaation seuraava edistysaskel on Kaarlejärven ja Salmisen (2018, 52–53) mukaan käyttöliittymäautomaatio, jossa ohjelmisto ymmärtää puhuttua tai kirjoitettua kieltä. Sitä seuraa koneoppiminen ja tekoäly, joita monet organisaatiot hyödyntävät edistyksellisimmissä ratkaisuissaan.

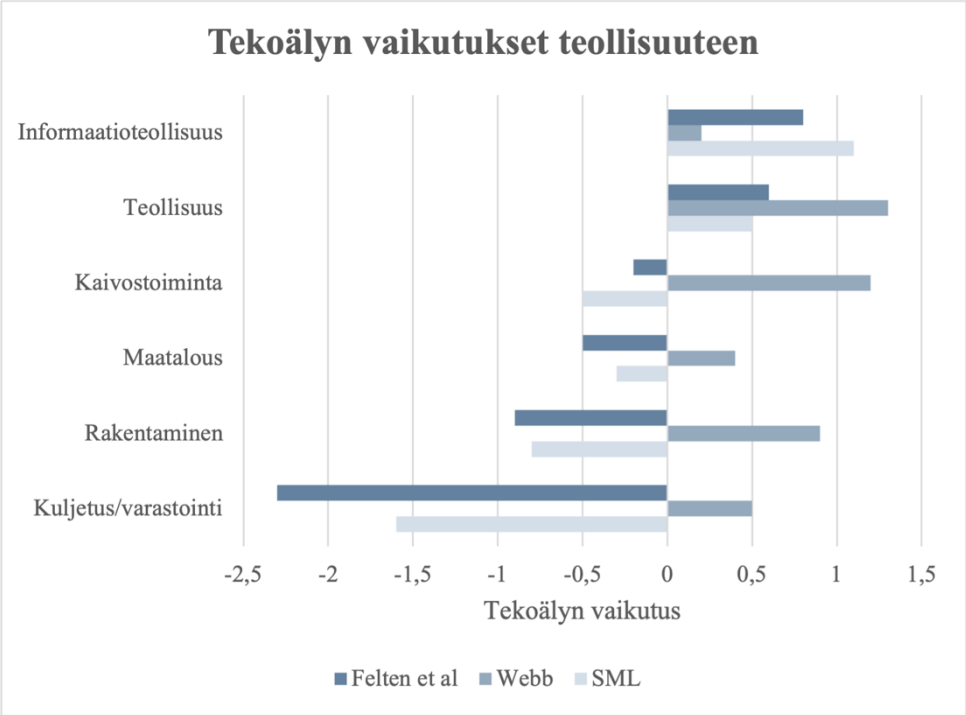
4 Tulevaisuuden näkymät

Tekninen kehitys on ollut viime vuosikymmenten aikana poikkeuksellisen nopeaa. Monet yhteiskunnallisista ja sosiaalisen käyttäytymisen malleista on jouduttu rakentamaan uusiksi kehityksen tahdin kiihtyessä. Data ympäröi meidät nyky-yhteiskunnassa, eikä keskiössä ole ihminen, vaan data ja siitä jalostettu informaatio päätöksien tueksi. Jos yhteiskunta pysyy tämän nopean kehityksen mukana, lähitulevaisuus tarjoaa valtavia mahdollisuuksia. (Salo 2014, 185–186)

4.1 Tulevaisuuden työvoima

Kirjallisuus on teknologian kehittyessä lietsonut uhkakuvia siitä, että koneet ovat viemässä ihmisten työt. Futuristi Martin Fordin (2009, 25) mukaan robotiikan ja tekoälyn kehitys tekee ihmistyövoiman tarpeettomaksi. Ford esittelee automaation yleistymisen suurimmaksi uhaksi ammateille. Hänen mukaansa ilman tarvittavia toimenpiteitä sekä kuluttajien ostovoima että luottamus heikkenevät merkittävästi, mikä vaikuttaa negatiivisesti maailman talouteen. Brynjolfsson ja McAfee (2011, 27–28) puolestaan kirjoittavat, että teknologian kehitys on parantanut tuottavuutta ja kokonaistulotasoa, mutta samalla kasvattanut tuloeroja yhteiskunnassa.

Tuoreemmassa tutkimuksessa taloustieteilijät Acemoglu et al. (2022, 293) tutkivat AI:n vaikutusta työmarkkinoihin. Tutkimuksessaan he käyttivät toimipaikkatason tietoja, jotka koskevat avoimia työpaikkoja verkossa Yhdysvalloissa vuodesta 2010 lähtien. Kuvassa 11 on kartoitettu teollisuuden toimialoja, joihin liittyy tehtäviä, joissa AI sovellukset ovat tuoneet merkittäviä muutoksia. AI:n vaikutuksia kuvataan kolmella eri mittarilla, jotka eroavat toisistaan siinä, kuinka ne kuvaavat tekoälyn soveltuvuutta tehtävään. Feltenin et al. (2018, 55) sekä Webbin (2019, 1) mittarit keskittyvät tunnistamaan tehtäviä, jotka kuuluvat nykyisten kykyjen piiriin. Brynjolfssonin et al. (2018, 44) SML-indeksi katsoo enemmän tulevaisuuteen ja tunnistaa tehtäviä, jotka ovat lähitulevaisuudessa mahdollisia ML:n ja AI:n avulla.



Kuva 11. Tekoälyn vaikutukset teollisuuteen (mukaillen Acemoglu et al. 2022, 308)

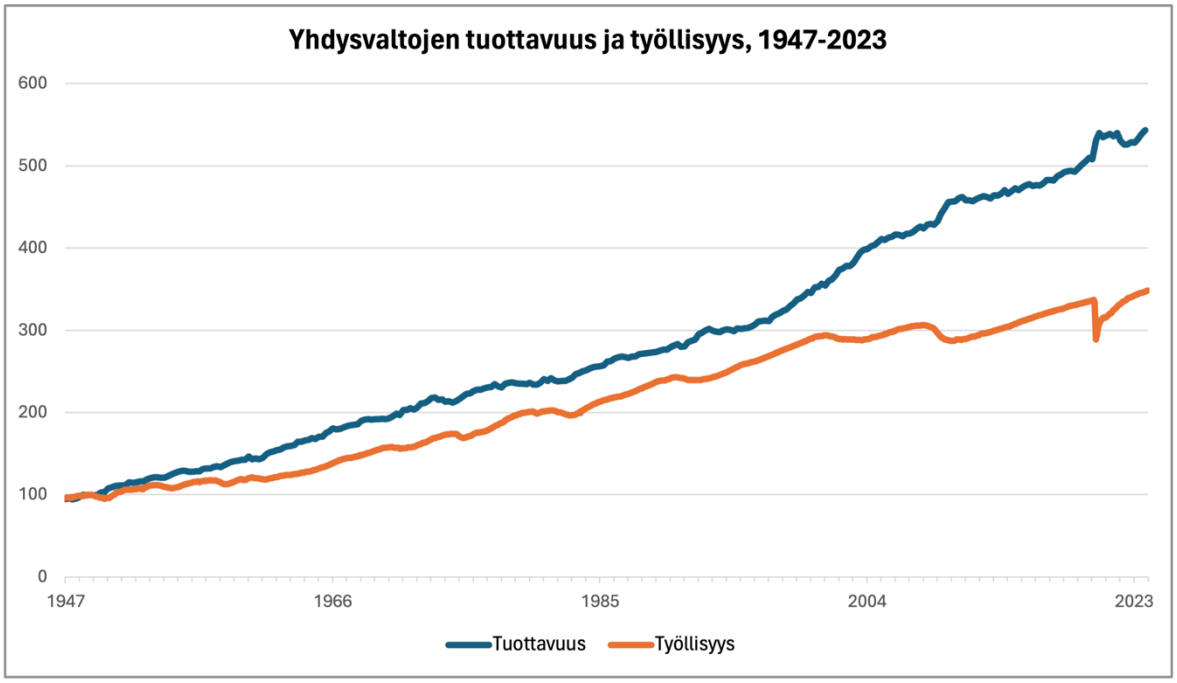
Kuva 11 osoittaa, että mittarit kuvaavat tekoälyn eri piirteitä. Felten et al. mittari on korkea informaatioteollisuuden osalta ja hyvin matala kuljetuksen ja varastoinnin osalta. Tämä kertoo siitä, että kuljetuksessa ja varastoinnissa on paljon manuaalisia tehtäviä, joita nykyiset algoritmit eivät pysty suorittamaan. Webbin mittari on taas yleisesti hyvällä tasolla kaikkialla teollisuudessa, mikä viittaa siihen, että alalla on paljon työtehtäviä, joihin tekoälyn kyvyt ovat riittävät. Tulevaisuuteen katsova SML-mittari ennustaa myös informaatioteollisuudelle runsasta AI:n käytön kasvua, mutta kuljetukselle ja varastoinnille sekä rakentamiselle ennuste on heikko.

Acemoglu et al. (2022, 336) tehdyn tutkimuksen tuloksena oli kolme päähavaintoa AI:n vaikutuksesta työmarkkinoihin. Ensimmäisenä havaintona oli, että vuoden 2015 jälkeen näkyi voimakas kasvu työpaikkailmoituksissa, joissa haetaan AI-taitoisia työntekijöitä. Toisena havaintona nousi esille taitojen kysynnän muutokset yrityksissä. AI:ta hyödyntävien yritysten työpaikkailmoituksissa on havaittu perinteisten taitojen kysynnän vähenemistä, samalla, kun uusien taitovaatimusten kysyntä nousee. Kolmantena havaintona tutkimuksessa huomattiin, että AI:n yleistyminen johtaa matalampaan palkkaukseen tehtävissä, joissa ei hyödynnetä AI:ta. Tämä on seurausta sille, että AI:n käyttöönotto automatisoi osittain

työntekijöiden aiemmin suorittamia tehtäviä ja kokonaistyövoiman tarve vähenee. (Acemoglu et al. 2022, 336)

Bostonin yliopiston ekonomisti Bessen (2015, 3) toi tutkimuksessaan esille toisenlaisen näkökulman, minkä mukaan automaatio ei uhkaisi työllisyyttä vaan päinvastoin. Hän perustelee väitteensä kahdella syyllä. Ensinnäkin automaation mahdollistama suurempi tuottavuus alentaa hintoja, mikä puolestaan nostaa kysyntää ja sitä kautta työn tarve kasvaa. Toiseksi tuottavuuden kasvu yhdessä ammatissa lisää työntekijöiden tarvetta siihen muista ammateista. Kumpikin tapaus voi johtaa työpaikkojen määrään kasvuun. Koko taloutta tarkasteltaessa, työllisyyden kasvu toisessa ammatissa automaation takia, saattaa vähentää työllisyyttä toisessa. Marttinen (2018, 107) korostaa, että historiassa tuottavuuden kasvu on merkinnyt myös hyvinvoinnin kasvua. Hän muistuttaa myös, että automatisaatio saa voimansa talouskasvusta, kulutuksesta ja hyvinvoinnista. Työttömyyden aiheuttajana se kääntyisi itseään vastaan.

Atkinson ja Miller (2013) ovat samoilla jäljillä Bessenin kanssa ja ottivat kantaa automaation uusiin uhkakuviin. Heidän mukaansa teknologian yhdistäminen työpaikkojen vähenemiseen perustui virheelliseen analyysiin. Atkinson ja Miller osoittavat julkaisussaan, että teknologinen kehitys hyödyttää paitsi koko taloutta myös työntekijöitä elintason kasvun myötä. Sekä historiallinen että tieteellinen analyysi kumoavat ajatuksen, että tuottavuuden kasvu johtaisi työttömyyden kasvuun keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä. Tämä johtuu siitä, että tuottavuuden kasvu lisää kokonaisvarallisuutta ja kilpailukykyisessä taloudessa lisääntynyt vauraus jaetaan uudelleen luomaan lisäkysyntää, joka vaatii uusia työntekijöitä. (Atkinson & Miller 2013, 10)



Kuva 12. Yhdysavaltojen tuottavuus ja työllisyys (indeksi, 1948=100) (Federal Reserve Economic Data 2024)

Kuvassa 12 Federal Reserve Economic Datan (2024) tilastojen mukaan tuottavuus ja työllisyys ovat kasvaneet samassa suhteessa vuosituhannen vaihteeseen saakka. Kuitenkin tämän jälkeen historiallinen suhde on katkennut, sillä tuottavuuden kasvaessa edelleen voimakkaasti työllisyys on heikennyt. Ero kasvaa entisestään vuonna 2020 koronaviruspandemian aikana. Brynjolfsson ja McAfeen (2012) kuvaavat ilmiötä termillä ”great decoupling”, joka johtuu kahdesta pääsyystä. Ensimmäinen on digitaalisen työn halpeneminen, joka teknologian halvetessa tekee siitä ihmistyötä edullisempaa. Toisena syynä Brynjolfsson ja McAfee mainitsevat teknologian kiihtyvän kehityksen. Digitaalisista laitteista tulee yhä suorituskykyisempiä, ja ne voivat tehdä enemmän työtä, jota ihmiset ennen tekivät.

4.2 Uhat ja mahdollisuudet

Kaikki, jotka ovat tekemisissä digitalisaation kanssa, haluavat yleensä kuulla sen tuomista mahdollisuuksista, eivätkä niinkään riskeistä. Schneiderin (2023, 5) mukaan tämänkaltainen ajattelutapa ei ole kestävä pitkällä aikavälillä. Uusia tietoturvauhkia havaitaan päivittäin, kun yrityksiä kiristetään tietojen katoamisella. Tässä tapauksessa ongelma ei ole vain yksittäisissä prosesseissa, vaan koko yrityksen toiminnassa. Vielä suurempi uhka syntyy, jos

tekniseen infrastruktuuriin päästään suoraan käsiksi, sillä se voi johtaa koko järjestelmän vaurioitumiseen tai jopa tuhoutumiseen. Siksi tietoturvan merkitystä ei voida vähätellä.

Yksi suurimmista digitalisaation tuomista haasteista liittyy AI:n vastuulliseen käyttöön. Kuka on vastuussa, kun tekoäly tekee virheen tai aiheuttaa haittaa? Suvanto (2024) nostaa blogissaan esille tekoälyn viisi merkittävintä haastetta: data, luotettavuus, kulttuuri, johtaminen ja organisaatio, epävarmuus. Laadukkaan ja tarkoituksellisen datan merkitys on tärkeää luotettavan tiedon varmistamiseksi. Teknologiat kehittyvät nopeasti ja käyttö edellyttää Suvannon mukaan kokeilukulttuuria, mikä toimintamalliltaan ei ole kovin tuttu monellekaan yritykselle. Euroopan parlamentti (2023) hyväksyi kesäkuussa 2023 tekoälysäädöksen, josta tuli ensimmäinen kattava laki tekoälyn riskien sääntelemiseksi. Tämä auttaa varmasti Suvannon blogissa mainitsemaan epävarmuuteen tekoälyn suhteen.

	POSITIIVISET TEKIJÄT	NEGATIIVISET TEKIJÄT
SISÄISET TEKIJÄT	**S (vahvuudet)** • Digitalisaatio parantaa prosessien tehokkuutta ja tuottavuutta • Reaaliaikainen suorituskykydata nopeuttaa innovaatioita	**W (heikkoudet)** • Uusien teknologioiden käyttöönotto on kallista • Vaatii suuren määrän dataa • Automaatio voi aiheuttaa työpaikkojen menetyksiä
ULKOISET TEKIJÄT	**O (mahdollisuudet)** • Digitaaliset alustat parantavat kommunikaatiota asiakkaiden kanssa • Uuden sukupolven tuotteiden kehittäminen	**T (uhat)** • Osaavan henkilöstön puute voi heikentää turvallisuutta • Digitalisaatio voi lisätä eriarvoisuutta teknologian saatavuudessa

Kuva 13. SWOT-analyysi digitalisaatiosta (mukaillen Agnusdei et al. 2023, 5; Euroopan parlamentti 2023)

Digitalisaation vaikutusta teollisuusyrityksiin on havainnollistettu kuvassa 13 SWOT-analyysin avulla. SWOT-analyysi (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) on

Yhdysvalloissa 1960-luvulla kehitetty strategiatyökalu, joka vertailee yrityksen vahvuuksia ja heikkouksia kilpailuympäristön luomiin mahdollisuuksiin ja uhkiin (Vuorinen & Huikkola 2023, 97). Kuvan 13 SWOT-analyysin mukaan suurimmat vahvuudet ovat prosessien ja tehokkuuden parantamisessa. Se on pitkälti automaation ansiota, jolla on myös varjopuolensa ihmisten työn korvaajana, mikä näkyy kuvassa digitalisaation heikkoutena. Yrityksen toiminnan digitalisoiminen vie myös paljon rahaa voi luoda eriarvoisuutta teknologian saatavuuden suhteen. Agnusdei et al. (2023, 5) mukaan digitalisaation suurimmat mahdollisuudet liittyvät tuotteiden kehittämiseen uusien teknologioiden avulla sekä tuottajan ja asiakkaan välisen kommunikaation parantamiseen.

5 Johtopäätökset

Työn tarkoituksena oli analysoida digitalisaation tuomien uusien teknologioiden vaikutusta teollisuusyrityksiin ja niiden hyödyntämistä nyt ja tulevaisuudessa. Työssä perehdyttiin digitalisaation määritelmään ja olennaisesti sen kattamiin vallitseviin teknologioihin teollisuudessa. Työssä keskitytään myös tuotannon digitalisointiin, digitaaliseen kaksoseen sekä automaatioon käytännön esimerkkien kautta. Tavoitteena oli löytää vastaus johdannossa esitettyyn päätutkimuskysymykseen ja sitä tukeviin osakysymyksiin. Tarkastellaan ensin kahta osakysymystä, joista ensimmäinen on:

Millaisia välineitä ja teknologioita digitalisaatio on tuonut teollisuusyritysten käyttöön ja miten niitä hyödynnetään?

Työssä perehdyttiin monipuolisen kirjallisuuden pohjalta digitalisaation tuomiin teknologioihin ja niiden käyttökohteisiin teollisuudessa. Digitalisaation kiihtyessä entisestään viime vuosikymmenten aikana, ovat teknologiat myös kehittyneet valtavasti. Työssä keskityttiin erityisesti teknologioihin, jotka ovat nousseet pinnalle teollisuuden neljännen vallankumouksen jälkeen. Havaittiin, että teollisuusyritysten käyttämillä teknologioilla tavoitellaan tehokkuutta ja tuottavuutta. Siihen pyritään muun muassa valmistusta digitalisoimalla ja hyödyntämällä koneiden nopeutta ja tarkkuutta.

Havaittiin, että yksi merkittävimmistä teknologioista on esineiden internet, joka mahdollistaa teollisuuslaitteiden ja -järjestelmien reaaliaikaisen tiedonsiirron. Tämä luo valtavan määrän dataa, mikä oikein hyödynnettynä tukee prosessien tehostamista ja ennakoivan huollon toteuttamista. Pilvipalvelut tarjoavat mahdollisuuden tallentaa ja analysoida valtavia määriä tietoa, mikä puolestaan auttaa päätöksenteossa, innovaatioiden luomisessa ja prosessien optimoinnissa.

Teknologioilla, kuten tekoälyllä ja digitaalisella kaksosella, on entistä keskeisempi rooli teollisuusyrityksissä. Tekoäly voi parantaa tuotannon tehokkuutta ja laatua ennustemallien avulla sekä ohjata autonomisia järjestelmiä. Yleis- ja superäly tulevat varmasti mullistamaan teollisuuden alaa tulevaisuudessa jäljittelemällä ihmisen kognitiivisia kykyjä. Digitaalinen kaksonen puolestaan mahdollistaa reaaliaikaisen virtuaalisen mallin fyysisistä prosesseista ja laitteista, mikä helpottaa suunnittelua, testausta ja huoltoa ilman fyysisiä prototyyppejä.

Toinen osakysymys käsitteli käyttöönoton haasteita:

Millaisia haasteita uusien teknologioiden käyttöönottoon liittyy?

Suurimpana haasteena työssä nousi esille tietoturva. Yritysten järjestelmiä digitalisoidessa, niistä tulee myös haavoittuvaisempia erilaisille riskeille. Riittämätön digitaalinen tietoisuus ja osaavan henkilöstön puute heikentää turvallisuutta ja altistaa riskeille. On tärkeää muistaa, että uusien teknologioiden tuomat mahdollisuudet voivat sisältää myös varjopuolia.

Toisena haasteena esille nousee uuden teknologian käyttöönotolle muodostuva hinta. Koko yritystä koskevat uuden teknologian tai järjestelmän käyttöönotot ovat aikaa vieviä ja kalliita projekteja. Uusimmista teknologioista pääsevät hyötymään aina ensimmäiseksi suurimmat yritykset, joilla on varaa suuriin investointeihin. Kalliin investoinnin lisäksi uusien teknologioiden käyttöönotto edellyttää henkilöstön kouluttamista ja osaamisen kehittämistä, jotta investoinnista saadaan suurin hyöty irti. Uuden teknologian on myös integroiduttava olemassa oleviin järjestelmiin ja prosesseihin, mikä voi osoittautua monimutkaiseksi. Tämän lisäksi käyttöönoton muutokset usein aiheuttavat häiriöitä ja seisokkeja tuotantoon, mikä voi lisätä kustannuksia entisestään.

Uusien teknologioiden käyttöönotossa on aina epävarmuutta, sillä valmista toimintamallia, joka varmistaisi maksimaalisen hyödyn uudesta teknologiasta, ei ole saatavilla. Parhaimmillaan rohkea riskinotto voi johtaa kilpailuedun saavuttamiseen, ja tämä riski kannattaa yleensä ottaa, mikäli haluaa pysyä kilpailukykyisenä markkinoilla.

Osakysymysten jälkeen voidaan vastata päätutkimuskysymykseen:

Miten digitalisaatio on muuttanut teollisuusyritysten toimintaa?

Digitalisaatio on viime vuosien aikana muuttanut teollisuusyritysten toimintaympäristöä merkittävästi. Digitalisaatio on kiihtynyt viime vuosina entisestään ja sen vaikutukset ovat laajalle ulottuvia. Uudet teknologiat, kuten tekoäly, koneoppiminen ja esineiden internet, tarjoavat yrityksille paljon mahdollisuuksia. Erityisesti datan keräämisen ja analysoinnin merkitys on korostunut, kun teollisuuden koneet ja laitteet ovat yhteydessä internetiin ja tuottavat jatkuvasti reaaliaikaista dataa.

Digitalisaatio on johtanut teollisuudessa prosessien automatisointiin ja tuotannon tehokkuuden parantamiseen. Yritykset ovat alkaneet digitalisoimaan toimintaansa säilyttääkseen

kilpailukykynsä kovassa kilpailussa. Reaaliaikainen data ja sen analysointi mahdollistavat ennakoivan huollon ja päätöksenteon, mikä edistää yritysten kilpailukykyä.

On kuitenkin tärkeää huomata, että digitalisaatioon liittyy myös haasteita, kuten investointikustannukset, osaamisen ja kulttuurin muutoksen tarve unohtamatta tietoturvan varmistamista. Yritysten on oltava valmiita tarttumaan näihin haasteisiin ja kehittymään jatkuvasti toimintaansa pysyäkseen kilpailukykyisinä. Kokonaisuudessaan digitalisaatio tarjoaa teollisuusyrityksille vielä tulevaisuudessakin valtavia mahdollisuuksia kehittää toimintaansa, parantaa kilpailukykyään ja sopeutua markkinoiden muutoksiin.

Lähteet

Accenture. 2024. Technology Vision. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 27.3.2024]. Saatavissa: https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/accenture-com/document-2/Accenture-Tech-Vision-2024.pdf#zoom=40

Acemoglu, D., Autor, D., Hazell, J., & Restrepo, P. 2022. Artificial Intelligence and Jobs: Evidence from Online Vacancies. Journal of labor economics. Vol. 40, nro 1, 293–340.

Agnusdei, L., Krstić, M., Palmi, P., & Miglietta, P. P. 2023. Digitalization as driver to achieve circularity in the agroindustry: A SWOT-ANP-ADAM approach. Science of The Total Environment. Vol. 882, 163441.

Ahonen, T. P., Aro, J., Asikainen, J., Billing, M., Christophe, F., Gautam, M., Haapakoski, T., Holamo, O. P., Kapiainen, P., Karvonen, H., Kolehmainen, P., Kytöharju, J., Lanz, M., Latokartano, J., Leinonen, J., Lempiäinen, J., Liljamo, J., Liuha, A., Närhi, J., Paasio, L., Partanen, A., Pöysäri, S., Röning, J., Salmela, A., Siltala, N. & Skriko, T. 2023. Teollisuuden robotiikka. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys ry.

AITopia. 2023. Tekoäly vai yleisäly? Mitä eri termit tarkoittavat? [Blogi]. [Viitattu 24.4.2024]. Saatavissa: https://www.aitopia.fi/blogi/tekoaly-vai-yleisaly

Atalay, M., Murat, U., Oksuz, B., Parlaktuna, A. M., Pisirir, E., & Testik, M. C. 2022. Digital twins in manufacturing: Systematic literature review for physical–digital layer categorization and future research directions. International Journal of Computer Integrated Manufacturing. Vol 35, nro 7, 679-705.

Atkinson, R. & Miller, B. 2013. Are Robots Taking Our Jobs, or Making Them? Yhdysvallat, ITIF.

Austin, T. 2014. Top 10 Strategic Technologies — The Rise of Smart Machines. Gartner. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 8.4.2024]. Saatavissa: https://www.gartner.com/en/documents/2658916

Balaji, V., Venkumar, P., Sabitha, M. S., & Amuthaguka, D. 2020. DVSMS: Dynamic Value Stream Mapping Solution by Applying IIoT. Bangalore: Sādhanā. Vol. 45, nro 38, 1-13.

Bessen, J. 2015. How Computer Automation Affects Occupations: Technology, Jobs, and Skills. Boston: Boston University of Law.

Björkdahl, J. 2020. Strategies for Digitalization in Manufacturing Firms. California management review. Vol. 62, nro 4, 17–36.

Brynjolfsson, E. & McAfee, A. 2011. Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy. Yhdysvallat: Digital Frontier Press.

Brynjolfsson, E. & McAfee, A. 2012. Jobs, productivity and the great decoupling. The New York Times 11. [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 29.2.2024]. Saatavissa: https://www.nytimes.com/2012/12/12/opinion/global/jobs-productivity-and-the-great-decoupling.html

Brynjolfsson, E., Mitchell T. & Rock D. 2018. What Can Machines Learn, and What Does It Mean for Occupations and the Economy? AEA Papers and Proceedings. Vol. 108, nro 5, 43–47.

Cooper, J. & James, A. 2009. Challenges for Database Management in the Internet of Things. Technical review – IETE. Vol. 26, nro 5, 320–329.

Euroopan parlamentti. 2023. Tekoäly: mahdollisuuksia ja uhkia. [Verkkosivu]. [Viitattu 9.4.2024]. Saatavissa: https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20200918STO87404/tekoaly-mahdollisuuksia-ja-uhkia

Federal Reserve Economic Data. 2024. FRED Graph (PAYEMS, OPHPBS). [Verkkosivu]. [Viitattu 28.2.2024]. Saatavissa: http://research.stlouisfed.org/fred2/graph/?g=lOq

Felten, E., Raj M. & Seamans R. 2018. A Method to Link Advances in Artificial Intelligence to Occupational Abilities. AEA papers and proceedings. Vol. 108, nro 5, 54–57.

Frey, C. B., & Osborne, M. A. 2016. Technology at work v2. 0: The future is not what it used to be. Citi GPS: Global Perspectives & Solutions.

Georgiou, M. 2023. AI in Manufacturing: Benefits, Use Cases, and Examples. Imaginovation. [Blogi]. [Viitattu 24.4.2024]. Saatavissa: https://imaginovation.net/blog/ai-in-manufacturing/

Mell, P. & Grance, T. 2011. The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 4.3.2024]. Saatavissa: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-145.pdf

Kaarlejärvi, S. & Salminen, T. 2018. Älykäs taloushallinto : automaation aika. Helsinki: Alma Talent Oy.

Kotimaisten kielten keskus ja Kielikone Oy. 2024. Kielitoimiston sanakirja. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.2.2024]. Saatavissa: https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/digitalisaatio

Kumar, R. 2017. Machine Learning and Cognition in Enterprises. Berkeley, Apress. 33-64.

Lindgren, J., Mokka, R., Neuvonen, A., Toponen, A., Liukas, L., & Hirvonen, I. S. 2019. Digitalisaatio : murroksen koko kuva. Helsinki, Tammi.

Lin, S. W. 2017. IIoT for Smart Manufacturing part 2 – Digital Thread and Digital Twin. ARC Advisory Group. [Blogi]. [Viitattu 2.4.2024]. Saatavissa:

https://www.arcweb.com/blog/iiot-smart-manufacturing-part-2-digital-thread-and-digital-twin

Lv, Z., & Fersman, E. 2022. Digital Twins: Basics and Applications. Springer Nature.
Machi, L. A. & McEvoy, B. T. 2022. The Literature Review: Six Steps to Success. Neljäs painos. Thousand Oaks, Corwin.

Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Hung Byers, A. 2011. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. McKinsey & Company, Inc.

Marttinen, J. 2018. Palvelukseen halutaan robotti : tekoäly ja tulevaisuuden työelämä. Helsinki, Aula & Co. 256

Merilehto, A. 2018. Tekoäly : matkaopas johtajalle. Helsinki, Alma Talent.

Raja Santhi, A. & Muthuswamy, P. 2023. Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies. International journal on interactive design and manufacturing. Vol. 17, nro. 2, 947-979.

Rantala, T., Saari, L., Jurmu, M., Behm, K., Heikkilä, J., Jokinen, A., Palmgren, R., Paronen, E., Rainio, K., Valtanen, K., Vierimaa, M. & Ylikerälä, M. 2023. Digital technologies for circular manufacturing, VTT Technical Research Centre of Finland.

Ritchie, E., & Landis, E. A. 2021. Industrial Robotics in Manufacturing. Journal of Leadership, Accountability and Ethics. Vol. 18, nro 2, 110-116.

Russell, S., Norvig, P., Chang, M.-W., Devlin, J., Dragan, A., Forsyth, D., Goodfellow, I., Malik, J., Mansinghka, V., Pearl, J. & Wooldridge, M. 2022. Artificial Intelligence : A Modern Approach. Neljäs painos. Harlow: Pearson.

Salo, I. 2014. Big data & pilvipalvelut. Jyväskylä: Docendo.

SAP. 2024. What is artificial intelligence? [Verkkodokumentti]. [Viitattu 24.4.2024]. Saatavissa: https://www.sap.com/westbalkans/products/artificial-intelligence/what-is-artificial-intelligence.html

Schneider, T. 2023 Digitalization and Artificial Intelligence : Use by and in Controlling. Ensimmäinen painos. Wiesbaden, Germany: Springer.

Shah, D., Wang, J., & He, Q. P. 2020. Feature Engineering in Big Data Analytics for IoT-Enabled Smart Manufacturing – Comparison between Deep Learning and Statistical Learning. Computers & chemical engineering. Vol. 141, 106970.

Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B. H., & Sharma, N. 2017. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. Advances in Manufacturing. Vol. 5, 359-369.

Suvanto, V. 2024. Tekoälyn hyödyntämisen tärkeimmät syyt, haasteet ja toimenpiteet. CGI. [Blogi]. [Viitattu 9.4.2024]. Saatavissa: https://www.cgi.com/fi/fi/blogi/tekoaly/5-x-5-x-5-tekoalyn-hyodyntamisen-tarkeimmat-syyt-haasteet-ja-toimenpiteet

Tao, F., Zhang, M., & Nee, A. Y. C. 2019. Digital twin driven smart manufacturing. Academic press.

Vuorinen, T. & Huikkola, T. 2023. Strategiakirja : 25 työkalua. Helsinki: Alma Talent.

Webb, R. 2019. The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market. [Verkkosivu]. [Viitattu 27.2.2024]. Saatavissa: https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3482150