

Oliver Kallio

DATA-ANALYTIIKAN HYÖDYNTÄMINEN KESTÄVÄN PÄÄTÖKSENTEON TUKENA VALMISTUSTEOLLISUUDESSA

Kandidaatintyö
Johtamisen ja talouden tiedekunta
Tarkastaja: Ilona Ilvonen
12/2021

TIIVISTELMÄ

Oliver Kallio: Data-analytiikan hyödyntäminen kestävän päätöksenteon tukena valmistusteollisuudessa
(Utilizing data analytics to support sustainable decision making in manufacturing industry)
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Tietojohdamisen tutkinto-ohjelma
Joulukuu 2021

Digitalisaatio on johtanut teknologian nopeaan kehitykseen ja sen lisääntyneeseen käyttöön ottoon valmistusteollisuudessa. Tämä on johtanut teknologiseen vallankumoukseen, jota kutsutaan industry 4.0:ksi. Samanaikaisesti valmistusteollisuus kohtaa yhä enemmän painostusta kestävään toimintaan niin ekologisella, sosiaalisella kuin ympäristölliselläkin osa-alueella. Industry 4.0 on lisännyt muun muassa automaation, internet of thingsin ja robotiikan käyttöä valmistusteollisuudessa, minkä seurauksena dataa muodostuu valtavia määriä analysoitavaksi. Näiden valtavien datamäärien analysointia varten voidaan hyödyntää data-analytiikkaa tehokkaamman ja kestävämmän päätöksenteon tukena. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten data-analytiikkaa voidaan hyödyntää kestävän päätöksenteon tukena valmistusteollisuudessa. Tämän selvittämiseksi tutkimuksessa tarkastellaan, mitä kestävä päätöksenteko on, millaista tietoa data-analytiikalla voidaan saavuttaa kestävyiden kontekstissa, miten data-analytiikkaa hyödynnetään sekä mitä hyötyjä ja haasteita siihen liittyy.

Tutkimus toteutettiin kirjallisuustutkimuksena. Tutkimuksen alussa on johdanto, jossa esitellään tutkimusaiheen taustat. Tämän jälkeen syvennyttään tutkimusaiheen taustalla olevaan keskeiseen teoriaan. Ensiksi määritellään aiheen kannalta tärkeät käsitteet, joita ovat data ja data-analytiikka sekä tutkitaan niiden taustoja. Tämän jälkeen tarkastellaan kestävyttä ja kestävää päätöksentekoa valmistusteollisuudessa. Teorian jälkeen siirrytään varsinaiseen kirjallisuuskatsaukseen, jonka perusteella pyritään vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Viimeisessä luvussa esitellään johtopäätökset, tulosten arviointi ja jatkotutkimusehdotukset.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että kestävään toimintaan pyrkiminen on nykypäivänä välttämätöntä kilpailuedun ja maineen säilyttämiseksi valmistusteollisuudessa. Tutkimuksen perusteella kestävässä päätöksenteossa tulisi ottaa huomioon kestävyiden kaikki kolme osa-alueita. Tulokset osoittavat myös, että data-analytiikkaa hyödynnetään valmistusteollisuudessa lukuisiin eri toimintoihin. Näitä toimintoja ovat muun muassa tuotteiden suunnittelu, laadunhallinta, aikatauluttaminen sekä laitevikojen ennustaminen. Nämä käyttökohteet muodostavat monimutkaisen kokonaisuuden, jolla on merkittävä vaikutus kestävään päätöksentekoon valmistusteollisuudessa. Data-analytiikalla voidaan saavuttaa tietoa esimerkiksi prosessien tehokkuudesta, energiankäytöstä sekä jätteiden ja saasteiden määrästä. Tulokset osoittavat, että data-analytiikka valmistusteollisuudessa on yleisimmin big data -analytiikkaa lukuisissa prosesseissa muodostuvan valtavien ja monimutkaisen datamäärän vuoksi. Datan moninaisuus ja määrä luo haasteita data-analytiikan hyödyntämiselle. Myös teknologian kehitys tuo omat haasteensa, sillä uusia tekniikoita ja menetelmiä kehitetty jatkuvasti. Data-analytiikan käyttöönotto on myös riskejä ja investointeja sisältävä kokonaisuus, jonka seurauksena sen käyttöönotto voi olla haastavaa. Tutkimuksen merkittävin tulos on se, että data-analytiikalla voidaan vaikuttaa kestävyiden kaikkiin osa-alueisiin valmistusteollisuudessa tehtävässä päätöksenteossa. Tulokset ovat hyödynnettävissä etenkin valmistusteollisuuden ylimmän johdon strategiseen suunnitteluun data-analytiikan hyödyntämiseksi kestävän päätöksenteon tukena.

Avainsanat: data-analytiikka, big data, industry 4.0, kestävyys, valmistusteollisuus, päätöksenteko.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen aiheen taustat	1
1.2 Tutkimusongelma ja tutkimuksen tavoitteet	2
1.3 Tutkimuksen rajaukset	3
1.4 Tutkimuksen rakenne	3
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA TUTKIMUKSEN AINEISTO	4
2.1 Tutkimusmenetelmä	4
2.2 Tutkimuksen aineisto	6
3. DATA JA DATA-ANALYTIikka	9
3.1 Data	9
3.2 Datan hallinta ja laatu	9
3.3 Big data	11
3.4 Data-analytiikka	11
3.5 Data-analytiikan edellytykset, hyödyt ja haasteet	12
3.6 Data-analytiikka ja industry 4.0	13
4. KESTÄVYYS JA KESTÄVÄ PÄÄTÖKSENTEKO VALMISTUSTEOLLISUUDESSA	15
4.1 Kestävyys ja kestävä kehitys	15
4.2 Kestävä toiminta ja päätöksenteko valmistusteollisuudessa	15
5. DATA-ANALYTIikka JA KESTÄVÄ PÄÄTÖKSENTEKO	
VALMISTUSTEOLLISUUDESSA	18
5.1 Data-analytiikan käyttöönotto valmistusteollisuudessa	18
5.2 Data-analytiikan hyödyntäminen valmistusteollisuudessa	19
5.3 Data-analytiikan vaikutukset kestävään päätöksentekoon	
valmistusteollisuudessa	22
6. YHTEENVETO	28
6.1 Johtopäätökset tuloksista	28
6.2 Tutkimustulosten arviointi	32
6.3 Jatkotutkimusehdotukset	33
LÄHTEET	34
LIITE A: TUTKIMUKSEN KESKEINEN AINEISTO	38

1. JOHDANTO

Tässä luvussa taustoitetaan tämän tutkimuksen aihetta. Luvussa 1.1 esitellään tutkimuksen aiheen taustoja ja merkittävimpiä ilmiöitä tämän tutkimuksen kannalta. Luvussa 1.2 esitellään tutkimusongelma ja tutkimuksen tavoitteet. Näiden lisäksi luvussa 1.2 esitellään tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset. Luvussa 1.3 esitellään tutkimusaiheen valinnassa toteutetut rajaukset. Luvussa 1.4 käydään läpi tämän tutkimuksen rakenne.

1.1 Tutkimuksen aiheen taustat

Tämän tutkimuksen aiheena on data-analytiikan hyödyntäminen kestävän päätöksenteon tukena valmistusteollisuudessa. Käsiteltäessä data-analytiikkaa sisällytetään siihen tässä tutkimuksessa myös big data -analytiikka.

Tutkimusaiheeseen sisältyy teknologian kehityksen myötä muodostunut Industry 4.0, jonka seurauksena valmistusteollisuudessa on siirrytty hyödyntämään digitaalisia valmistussysteemejä. Nämä systeemit tuottavat valtavia määriä dataa, minkä seurauksena data-analytiikka voi auttaa kyseisen datan käsittelemisessä tehokkaamman päätöksenteon ja kestävämmän toiminnan saavuttamiseksi. (Kumar et al., 2021) Yadav et al. (2020) painottavatkin, että kestävydestä on tullut yksi merkittävimmistä asioista kansainvälisillä markkinoilla. Heidän mukaansa kestävän toiminnan laiminlyöminen valmistusteollisuudessa on johtanut merkittäviin taloudellisiin tappioihin. Nämä asiat tekevät tutkimusaiheesta hyvin ajankohtaisen.

Tämänhetkinen teknologian jatkuva muutos tarjoaa mullistavia mahdollisuuksia muutokseen koko talousjärjestelmässä, mukaan lukien valmistuksessa ja liiketoiminnassa. Kiinnostus on kasvussa erityisesti tiettyjä teknologioita kohtaan, joihin lukeutuu mukaan big data ja analytiikka. (Freddi, 2018) Data-analytiikka on joukko tekniikoita, joiden avulla pyritään saavuttamaan älykästä päätöksentekoa suurista määristä dataa. Data-analytiikan yhdistämistä Industry 4.0:aan tutkitaan paljon. (Duan & DaXu, 2021) Yritysten tulee sopeutua muutoksiin ja yrityksissä tapahtuvat uudistukset keskittyvät pääasiassa juuri mainittuun termiin Industry 4.0. Industry 4.0 tarkoittaa automatisoinnin, robotiikan ja digitalisaation sopeuttamista teollisuuteen. (Vrchota et al., 2019) Toisaalta Freddi (2018)

osoittaa tutkimuksensa perusteella, että valmistavan teollisuuden yrityksissä ei ole keskipitkän aikavälin suunnitelmaa Industry 4.0 teknologioiden käyttöönotolle. Se luo merkittävyyttä myös tälle tutkimusaiheelle.

Valmistusteollisuutta painostetaan vahvasti vähentämään sen ympäristövaikutuksia. Tämä edellyttää yritysten omaksuvan kestävä tuotannon strategian. Pohjimmiltaan se tarkoittaa sitä, että tuotetaan vähästä paljon. Tämä onnistuu esimerkiksi tuottavuuden parantamisella, jolloin valmistuksessa käytetään vähemmän resursseja. (Bogue, 2014)

Tutkimusaiheen taustalla on siis merkittävinä ajankohtaisina ilmiöinä teknologian kehitys sekä kestävyys. Tässä tutkimuksessa käsitellään näiden ilmiöiden yhteyttä toisiinsa keskittyen data-analytiikkaan ja kestävään päätöksentekoon valmistusteollisuudessa.

1.2 Tutkimusongelma ja tutkimuksen tavoitteet

Tämän kandidaatintyön tutkimusongelmana on kysymys siitä, miten data-analytiikkaa hyödyntämällä voidaan tukea kestävä päätöksentekoa valmistusteollisuudessa. Tutkimuksen tavoitteena on saada ymmärrys keinoista hyödyntää data-analytiikkaa kestävä päätöksenteon saavuttamiseksi valmistusteollisuudessa. Pää tavoite on näin ollen vastata päätutkimuskysymykseen.

Tutkimusongelman avulla on johdettu päätutkimuskysymys, jotta tutkimusongelma ratkeisi mahdollisimman kattavasti päätutkimuskysymykseen vastaamalla. Tutkimuskysymykset ovat esiteltyinä taulukossa 1.

Taulukko 1. Tutkimuskysymykset

Päätutkimuskysymys	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Miten data-analytiikkaa voidaan hyödyntää valmistusteollisuudessa osana kestävä päätöksentekoa?
Alatutkimuskysymykset	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Miten data-analytiikkaa hyödynnetään valmistusteollisuudessa? ▪ Mitä on kestävä päätöksenteko valmistusteollisuudessa? ▪ Mitä tietoa data-analytiikalla voidaan saavuttaa osana kestävä päätöksentekoa? ▪ Mitä ovat data-analytiikan haasteet ja hyödyt valmistusteollisuudessa?

Alatutkimuskysymykset ovat laadittu tukemaan päätutkimuskysymykseen vastaamista. Tavoitteena on, että alatutkimuskysymyksiin vastaamalla, onnistutaan vastaamaan myös päätutkimuskysymykseen.

1.3 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimusaihetta on rajattu valitsemalla tietty toimiala tutkimuksen kohteeksi. Tähän tutkimukseen on valittu toimialaksi valmistusteollisuus. Rajausta on tehty myös teknologian valinnassa. Vaikka industry 4.0 sisältää useita teknologioita, on tämän tutkimuksen kohteeksi valittu vain siihen sisältyvä data-analytiikka. Tutkimusaiheeseen on sisällytetty myös päätöksenteko. Tässä tutkimuksessa keskitytään kuitenkin ensisijaisesti kestävään päätöksentekoon.

Rajausten myötä tutkimusaiheesta karsiutuu tiettyjä kokonaisuuksia pois. Tässä tutkimuksessa ei tutkita muita toimialoja kuin valmistusteollisuutta. Tutkimuksessa ei myöskään käsitellä päätöksentekoa yleisesti, vaan keskitytään kestävään päätöksentekoon. Tutkimuksesta rajautuu pois myös muut kuin data-analytiikka industry 4.0:n myötä kehittyneistä teknologioista.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Tässä tutkimuksessa tutkitaan niitä hyötyjä ja mahdollisia haasteita, joita data-analytiikan hyödyntämiseen liittyy valmistusteollisuudessa tehtävän kestävään päätöksenteon kontekstissa. Luvussa 2 esitellään tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmä ja keskeiset kriteerit aineiston valitsemiselle.

Luvuissa 3 ja 4 käsitellään tutkimusaiheen taustalla oleva teoria. Lukuihin 3 ja 4 sisältyy aiheen keskeisten käsitteiden määritelmät ja taustat. Teorialukujen tarkoituksena on pohjustaa aiheen keskeinen teoriatausta varsinaista tutkimuskysymykseen vastaamista varten. Luvussa 5 tutkitaan luvuissa 3 ja 4 käsiteltyjen käsitteiden vaikutusta toisiinsa ja pyritään löytämään vaikutussuhteita data-analytiikan, kestävään päätöksenteon ja valmistusteollisuuden väliltä. Luvun 5 lopussa tarkastellaan data-analytiikan vaikutusta kestävään päätöksentekoon valmistusteollisuudessa.

Tutkimuksen lopussa luvussa 6 on yhteenveto, jossa tehdään johtopäätökset tutkimuksen tuloksista, arvioidaan tuloksia ja esitellään mahdolliset jatkotutkimusehdotukset. Tutkimuksen lopusta löytyy lähdeluettelo, jossa on listattuna tässä tutkimuksessa käytetty aineisto.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA TUTKIMUKSEN AINEISTO

Tässä luvussa esitellään tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmä ja tutkimusaineisto. Luvussa 2.1 esitellään tutkimuksen toteutustapa ja tiedonhaussa käytetyt keskeiset tietokannat sekä tärkeimmät hakulausekkeet. Luvussa 2.2 esitellään tarkemmin tutkimuksessa käytettävän aineiston valintaperusteita ja aineiston analysointitapoja.

2.1 Tutkimusmenetelmä

Tämä tutkimus on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Menetelmän tarkoituksena on tutkia sitä, miten aihetta on aiemmin tutkittu. Tässä tutkimuksessa on siis selvitetty, mitä aiheesta jo tiedetään olemassa olevan kirjallisuusaineiston perusteella. Tutkimuksen päätteeksi on esitelty myös mahdollisia jatkotutkimusehdotuksia. Tutkimuksen rakenne koostuu siis aiemman tutkimustiedon kokoamisesta yhteen, jonka jälkeen arvioidaan lähdemateriaalin vuoropuhelua aiheeseen liittyen. Sen pohjalta on tehty johtopäätökset ja vastattu tutkimuskysymyksiin. Lopuksi on ehdotettu jatkotutkimustarpeet.

Tämä kirjallisuuskatsaus on toteutettu Finkin (2014) seitsemänvaiheista mallia mukailleen. Malliin kuuluu seuraavat vaiheet:

- tutkimuskysymyksiä asettaminen
- aineiston ja tietokantojen valitseminen
- hakusanojen valitseminen
- hakukriteerien valitseminen
- aineiston laadun arviointi
- kirjallisuuskatsauksen tekeminen
- tulosten yhdistely ja käsitteleminen (Fink, 2014).

Tässä tutkimuksessa tiedonhakuun on käytetty Tampereen yliopiston tietokantoja, joita ovat Andor, ABI/INFORM, Scopus ja Web of Science. Tiedonhaun kannalta oleelliset termit, joita hakulausekkeissa on käytetty ovat:

- data analytics
- big data
- manufacturing

- sustainability
- decision making.

Tutkimuksessa käyttämäni tärkeimmät hakulausekkeet, tietokannat ja hakutulosten määrä on esiteltyä taulukossa 2. Tässä vaiheessa hakua ei ole rajoitettu millään tavalla.

Taulukko 2. Rajoittamattomia hakulausekkeita

Tietokanta	Hakulauseke	Tulosten määrä
Scopus	("data analytics") AND (manufact*) AND (sustainab*) AND ("decision making")	2946
Web of Science	("data analytics") AND (manufact*) AND (sustainab*) AND ("decision making")	34
ABI/INFORM	("data analytics") AND (manufact*) AND (sustainab*) AND ("decision making")	35154
Andor	("data analytics") AND (manufact*) AND (sustainab*) AND ("decision making")	13465
Yhteensä:		51599

Kuten taulukosta 2 voidaan havaita, ei näin suurta määrää aineistoa ole mahdollista tutkia kandidaatintyön laajuudessa tutkimuksessa. Hakutulosten määrää oli siis saatava vähennettyä tekemällä tietokannoissa hakuihin käytettäviä rajoituksia. Taulukossa 3 on esitelty hakutulosten määrä samalla hakulausekkeella sisältäen rajoituksia. Rajoitukseksi on asetettu ehto siitä, että haku kohdistui vain maksimissaan 5 vuotta vanhoihin ja englanninkielisiin julkaisuihin. ABI/INFORM tietokannassa on suodatettu pois myös wire feedit ja raportit. Andorissa ja ABI/INFORM tietokannassa rajoitukseksi on asetettu haun kohdistuminen vain vertaisarvioituihin julkaisuihin.

Taulukko 3. Rajoitettuja hakulausekkeita

Tietokanta	Hakulauseke	Tulosten määrä
Scopus	("data analytics") AND (manufact*) AND (sustainab*) AND ("decision making")	1108
Web of Science	("data analytics") AND (manufact*) AND (sustainab*) AND ("decision making")	20
ABI/INFORM	("data analytics") AND (manufact*) AND (sustainab*) AND ("decision making")	950
Andor	("data analytics") AND (manufact*) AND (sustainab*) AND ("decision making")	1263
Yhteensä:		3341

Kuten taulukosta 3 on nähtävissä, hakuihin kohdistetuilla rajauksilla saatiin suodatettua suuri määrä aineistoa pois. Aineistoa on tässäkin vaiheessa vielä paljon. Kun haun kohdisti Scopuksessa tiivistelmään, otsikkoon ja avainsanoihin, oli hakutulosten määrä enää vain 15. ABI/INFORM tietokannassa haku kohdistettiin tiivistelmään, jonka jälkeen saatiin 5 hakutulosta. Tiivistelmään tehdyllä rajauksella saadaan lähtökohtaisesti hakulausekkeiden kannalta oleelliset aineistot löydettyä.

Ennen tiivistelmän lukemista aineistoa on silmäilty taulukon 3 mukaisen tiedonhaun jälkeen keskittyen teosten otsikoihin, minkä avulla on päätetty, että avataanko teosta tarkempaa lukemista varten. Otsikon perusteella tehdyn valinnan mukaan tähän tutkimukseen on valikoitunut ne teokset, jossa aiheen käsitteitä esiintyy otsikossa. Merkittävin kriteeri oli se, että otsikosta löytyy käsitteet ”data analytics”, ”sustainability” ja ”manufacturing” tai näitä vastaava käsite, kuten esimerkiksi ”clean production” tai ”circular economy”. Aineistoa on karsittu otsikon perusteella pois, jos otsikon mukaan teos käsittelee data-analytiikkaa tai kestävyyttä liian laajasti, mikä ei tue tätä tutkimusta varten tehtyjä rajoituksia. Tästä esimerkkinä teokset, joissa otsikko antaa ymmärtää teoksen käsittelevän data-analytiikan hyödyntämistä laajasti kaiken päätöksenteon tukena tai jopa muilla toimialoilla kuin valmistusteollisuudessa. Jotkin teokset antoivat otsikon perusteella myös ymmärtää niiden käsittelevän laajemmin industry 4.0:a kestävyys kontekstissa, mikä ei tue tätä tutkimusta varten tehtyjä rajoituksia.

Tutkimuksen lukuja 3 ja 4 varten, joissa esitellään työn taustalla olevaa teoriaa ja käsitteistöä, on etenkin Andoriin tehty hakuja myös yksittäisillä käsitteen nimillä käsitteiden yleisesti hyväksytyjen määritelmien löytämiseksi. Hakusanoina on käytetty esimerkiksi käsitteitä ”data analytics”, ”big data”, ”data management”, ”data quality”, ”industry 4.0” ja ”sustainability”. Aineiston valintakriteereinä on käytetty pitkälti samoja kriteereitä kuin luvussa 2.2 esitellyt kriteerit ovat.

2.2 Tutkimuksen aineisto

Tutkimusaineistoksi tässä kandidaatintyössä on valittu pääosin vertaisarvioituja artikkeleita, kirjoja sekä muita tieteellisiä julkaisuja, jotka ovat saatavilla sähköisessä muodossa. Tutkimuksessa käytettävä aineisto on löydetty pääsääntöisesti aiheeseen liittyvän käsitteistön avulla, kuten edellisen luvun taulukoilla 2 ja 3 on esimerkein havainnollistettu. Käsitteistön avulla rakennettujen hakulausekkeiden avulla saaduista hakutuloksista on valittu tutkimuksen kannalta relevantit teokset.

Aineiston valinnan kriteereinä on käytetty julkaisuvuotta, tekstin kieltä sekä sitä, että aineisto olisi vertaisarvioitua. Vertaisarvioimattomien aineistojen kohdalla aineiston laatua

on arvioitu tarkastelemalla aineiston julkaisijaa ja esimerkiksi silmäilemällä aineiston lähteitä ja niiden käyttöä. Tutkimukseen on pyritty valitsemaan maksimissaan 5 vuotta vanhoja teoksia. Tutkimuksessa on myös pääsääntöisesti valittuna englanninkielistä lähdeaineistoa. Tärkeimpänä kriteerinä aineiston valitsemisessa oli hakulausekkeissa sisältävien keskeisten käsitteiden sisältyminen joko teoksen otsikkoon, tiivistelmään, avainsanoihin tai lopputuloksiin. Käytettäessä näitä kriteereitä aineiston valitsemisessa on saatu tutkimuksen kannalta relevanteimmat ja tuoreimmat teokset käyttöön.

Aineiston valintakriteerien myötä tutkimusaineistosta karsiutui monia lähteitä pois. Tässä tutkimuksessa ei ole käytetty kuin englannin- ja suomenkielisiä aineistoja. Tutkimuksesta on myös pyritty rajaamaan yli 5 vuotta vanhaa aineistoa pois. Tavoitteena on siis ollut mahdollisimman uuden aineiston tutkiminen. Tutkimusaineistoon ei ole lähtökohtaisesti päätyneet julkaisuita, joissa ei otsikon, tiivistelmän tai johtopäätösten tarkastelun perusteella ole voinut todeta julkaisun käsittelevän relevantilla tavalla tämän tutkimuksen aiheita. Taulukossa 4 on esitelty tutkimuksen tärkeimmiksi osoittautuneet lähdeaineistot.

Taulukko 4: Tutkimuksen tärkeimmät lähteet

Tekijä	Otsikko	Sisältö
Kumar et al. (2021)	Big data analytics application for sustainable manufacturing operations: analysis of strategic factors	Erittäin tuore tutkimus big data -analytiikan vaikutuksesta kestävyteen valmistusteollisuuden prosesseissa.
Zhang et al. (2017)	A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products	Perusteellinen tutkimus big data -analytiikan tuomista mahdollisuuksista kohti kestävämpää toimintaa valmistusteollisuudessa.
Ren et al. (2019)	A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: A framework, challenges and future research directions	Tuore tutkimus big data -analytiikan tuomista hyödyistä kestävä toiminnan mahdollistamiseksi koko tuotteen elinkaaren ajan.

Awan et al. (2021)	Big data analytics capability and decision-making: The role of data-driven insight on circular economy performance	Erittäin tuore tutkimus big data -analytiikan mahdollisuuksista kestävästä päätöksenteon tukena keskitettyä kiertotalouteen.
---------------------------	--	--

3. DATA JA DATA-ANALYTIikka

Tässä luvussa esitellään datan keskeisiä piirteitä ja sen hallinnallisia ja laadullisia ominaisuuksia. Tämän lisäksi luvussa määritellään data-analytiikan käsite ja käsitellään edellytyksiä data-analytiikan hyödyntämiselle sekä siitä saatavia hyötyjä ja haasteita.

3.1 Data

Data-analytiikan ja datatieteen konteksteissa yleisimmin esiintyvä käsite McMasterin et al. (2018) tekemän kirjallisuustutkimuksen perusteella on data. Heidän tekemänsä tutkimus osoittaa myös, että data-analytiikassa esiintyy usein termi big data. Sen perusteella ne ovat keskeisiä käsitteitä tässä tutkimuksessa.

Gordon (2013) määrittelee datan viitaten standardiin ISO/IEC 2382-1 (1993), jonka mukaan data on tulkittava informaation muoto, joka soveltuu viestintään, tulkintaan ja käsitelyyn. Standardin mukaan ihmiset ja automaatio voivat käsitellä dataa, mikä viittaa hänen mukaansa siihen, että standardin mukainen määritelmä sisältää kaikki tietomuodot. Näin ollen se sisältää myös tietojärjestelmiin tallennetun datan, jota käytetään organisaation toimintojen tukemiseen operatiivisella, johdollisella ja strategisella tasolla. (Gordon, 2013)

Tiedon käsite on laaja, ja se voidaan jaotella eri tasoihin. Nämä tiedon tasot ovat data, informaatio ja tietämys, joista data koostuu rakenteettomista tosiasioista. Datasta voidaan luoda informaatiota, josta saadaan edelleen sitä tulkitsemalla tietämystä. (Laiho et al., 2013) Tähän tukeutuu myös Minkin (2018) kertoessaan data-analytiikan olevan raa'an datan muuntamista älykkyudeksi, jotta organisaation suorituskykyä voitaisiin parantaa.

3.2 Datan hallinta ja laatu

Datan hallinta on yrityksen toiminto, joka kontrolloi luotettavan ja relevantin datan hyödyntämistä ja auttaa näin tietoon pohjautuvien palvelujen toimittamisessa. Datan hallinta on siis laaja-alaista toimintaa, joka mahdollistaa datan jakamisen tietojärjestelmien välillä, jolloin siitä muodostuu resurssi. Datan hallintaan liittyy myös datan luotettavuuden ja saatavuuden varmistaminen. (Gordon, 2013) Toisen määritelmän mukaisesti datan hallinta keskittyy suunnitelmien, toimintatapojen ja ohjelmistojen kehittämiseen, käyttöön ottoon ja ylläpitoon tehostaen datan arvoa ja informaatiosta saatavaa etua (O'Byrne, 2013).

Liiketoiminnallinen hyöty on datan ja informaation varassa ja sitä tulee muuntaa arvokkaaksi tietämykseksi. Tietämyksen hallinnassa on siis välttämätöntä kerätä dataa ja hyödyntää data-analytiikkaa paremman päätöksenteon saavuttamiseksi. (Ochs & Riemann, 2016) Toisaalta kehittyneet teknologiset laitteet, sosiaalinen media ja tietojärjestelmät nopeuttavat jatkuvasti niin rakenteellisen kuin rakenteettomankin datan syntymistä. Sen seurauksena yritykset kohtaavat yhä enemmän haasteita datan hallinnassa ja hyödyntämisessä. (Kwon et al., 2014)

Nykyisessä datalähtöisessä toimintaympäristössä yritykset käyttävät yhä enemmän analyttisiä teknologioita datasta tehtävien merkittävien päätelmien muodostamiseksi. Siitä huolimatta edelleen ”garbage-in-garbage-out”-sääntö on läsnä. Analytiikka voi näin ollen olla tehokasta vain, kun käytetään korkealaatuista dataa. Huonolaatuisen datan pohjalta tehdyt päätökset voivat johtaa esimerkiksi strategisiin virheisiin. (Jugulum, 2014) Datan laadun määrittäminen on kuitenkin yksi suurimmista haasteista etenkin siksi, että data kehittyy ja sen määrä lisääntyy jatkuvasti (Sebastian-Coleman, 2013).

Yleisesti hyväksytty määritelmä korkealaatuiselle datalle on se, että data on hyödynnettävissä muodossa datan käyttäjiä varten. Se tarkoittaa sitä, että datan hyödyllisyys ja käytettävyys ovat tärkeitä näkökulmia datan laadulle. (Strong et al., 1997) Taulukossa 5 on mukailtu Strongin et al. (1997) esittämää datan laadun kategorisointitaulukkoa.

Taulukko 5. Datan laadun kategoriat ja ulottuvuudet (mukailtu lähteestä Strong et al., 1997, s. 104).

Datan laatu	Laadun ulottuvuudet
Olennaisuus	Tarkkuus, objektiivisuus, uskottavuus ja maine
Saatavuus	Saatavuus ja sen turvaaminen
Asiayhteys	Merkityksellisyys, arvon lisäys, ajankoh- taisuus ja datan määrä
Kuvailevuus	Tulkittavuus, ymmärrettävyys ja johdon- mukaisuus

Datan laatu koostuu siis 4 kategoriasta, jotka ovat datan olennaisuus, saatavuus, asiayhteys ja kuvailevuus. Jokaisella kategorialla on datan laatuun pohjautuvat ulottuvuudet, jotka ovat esiteltynä taulukossa 5. (Strong et al., 1997)

3.3 Big data

Big data on prosessi, jonka tarkoituksena on luoda oivalluksia päätöksentekoa varten. Prosessi koostuu ihmisistä ja teknologiasta, jotka analysoivat suuria määriä erilaista dataa. Tämä määritelmä painottaa, ettei big data kerro ainoastaan datan määrästä tai luonteesta. Big datalle ei kuitenkaan ole yleisesti hyväksyttyä määritelmää. (Kalyvas, 2014) Big datalle on kuitenkin yleensä aina löydettävissä tietyt ominaispiirteet, joita ovat datan koko, rakenteeton luonne ja tarve prosessoinnille (Sarangi, 2020).

Mauro et al. (2016) tutkivat kirjallisuuden perusteella yleisimpiä määritelmiä big datalle. Heidän mukaansa näiden määritelmien pohjalta big data on tietoon pohjautuvaa varallisuutta, joka voidaan luokitella kolmeen osa-alueeseen. Nämä osa-alueet ovat suuri määrä, nopeus ja monimuotoisuus. Ali-ud-din Khan et al. (2014) antavat artikkelissaan big datan määritelmälle peräti 7 osa-aluetta, joita ovat Mauron et al. (2016) mainitsevien datan määrän, nopeuden ja monimuotoisuuden lisäksi myös totuudellisuus, kelpoisuus, vaihtelevuus ja arvo. Näiden osa-alueiden suuren mittakaavan vuoksi big data vaatii tietynlaisia teknologioita ja analytiikkamenetelmiä, jotta siitä saadaan luotua arvoa (Mauro et al., 2016). Tähän yhtyvät osittain myös Duan & DaXu (2021) kertoen big datan olevan kattotermi kaikille niille teknologioille, joilla voidaan hallita big dataa. Heidän mukaansa big dataan sisältyvät kaikki data-analytiikan tulokulmat, kuten esimerkiksi datan kerääminen, varastointi, prosessointi sekä analyttiset menetelmät.

3.4 Data-analytiikka

Data-analytiikka on raa'an datan muuntamista älykkyudeksi, jotta organisaation suorituskykyä voitaisiin parantaa. Datan muuntamisen tavoitteena on mahdollistaa raa'asta datasta saavutettavien oivalluksien löytäminen, joita voidaan hyödyntää organisaation toiminnossa, suoriutumisessa sekä päätöksenteon tukemisessa (Minkin, 2018). Data-analytiikka on toisaalta joukko erilaisia tekniikoita, joiden avulla pyritään löytämään oivalluksia suuresta määrästä dataa (Duan & DaXu, 2021). Määritellessään big data -analytiikan Ahmed & Pathan (2018) kertovat myös, että tarkoituksena on poimia valtavasta määrästä dataa tietoa paremman päätöksenteon ja ennusteiden tekemisen varmistamiseksi.

Big data -analytiikka on edistyneiden analytiikkatekniikoiden käyttämistä suuriin data-massoihin. Big data -analytiikka on siis big datan ja analytiikan yhdistelmä. Siihen sisältyy siis big data, joka koostuu valtavista määristä dataa. Tämän lisäksi siihen sisältyy edistynyt analytiikka, joka koostuu useista teknologioista. Näistä teknologioista esimerkkejä ovat ennustava analytiikka, datan louhinta, tilastotiede, tekoäly sekä luonnollisen

kielen prosessointi. Kun nämä yhdistetään, on kyseessä big data -analytiikka. (Russom, 2011)

3.5 Data-analytiikan edellytykset, hyödyt ja haasteet

Watson (2014) kertoo, että edellytykset data-analytiikasta saataville hyödyille ovat pääosin samat big data -analytiikassa kuin analytiikassa yleisestikin. Big data -analytiikassa olennaista on sen edellyttämät teknologiat, joilla pystyy prosessoimaan tehokkaasti suuria määriä dataa (Lau et al., 2014). Tämän lisäksi Lau et al. (2014) mainitsevat, että etenkin päätöksenteossa ainoa edellytys ei ole analytiikkaan liittyvät älylliset taidot, vaan myös kollektiivinen yleinen tieto.

Data-analytiikan hyödyntämisen taustalla tulisi olla selkeä liiketoiminnallinen tarve. Analytiikan käytölle tulisi olla myös vahva organisaation sisäinen tuki esimerkiksi yrityksen johdolta. (Watson, 2014) Myös Kumar et al. (2021) mainitsevat tutkimuksensa perusteella, että analytiikan käyttöön otossa organisaation ylimmän johdon tuki on erittäin tärkeässä osassa. Näiden lisäksi Watson (2014) mainitsee, että data-analytiikan hyödyntämisen strategian tulisi tukea organisaation liiketoiminnallista strategiaa. Organisaatiossa tulisi olla myös faktapohjainen päätöksentekokulttuuri, jotta data-analytiikan käytöstä hyödytään. Koska data on analytiikan keskiössä, tulee organisaatiolla olla myös vankka datainfrastrukturi, jolloin datapohjaisia sovelluksia on mahdollista kehittää nopealla aikataululla. (Watson, 2014) Myös Grover et al. (2018) mainitsevat datainfrastruktuurin tärkeäksi tutkiessaan big data -analytiikan hyötyjä. Tähän liittyen Ghasemaghaei (2019) kertoo, että edellytyksenä analytiikan potentiaalille parantaa päätöksentekoa, on muun muassa datan laatu ja sen myötä kyky varmistaa datan oikeellisuus. Sekä Grover et al. (2018) että Ghasemaghaei (2019) mainitsevat tärkeäksi edellytykseksi myös työntekijöiden kyvyn hyödyntää analytiikkaa. Myös Watson (2014) mainitsee viimeisenä edellytyksenä työntekijöiden taitotason analytiikan hyödyntämisessä.

Päätöksenteon ja raportoinnin nopeuttamisen lisäksi data-analytiikalla tavoitellaan 5:tä erilaista organisaation kannalta hyödyllistä lopputulosta. Ensimmäinen hyöty on luoda avoimuutta johtajille ja sidosryhmille. Toisena hyötynä on vastuun ja suoriutumisen yhdistäminen. Seuraava data-analytiikasta saatava hyöty on riskien mittaaminen ja hallinta. (Minkin, 2018) Myös Singh (2020) mainitsee analytiikan tuovan etua riskienhallinnalle tutkiessaan big data -analytiikan vaikutuksia riskienhallintaan. Neljäs etu on prosessien kehittämisen helpottaminen data-analytiikan avulla (Minkin, 2018). Popovič et al. (2016) mainitsevat myös, että analytiikka auttaa organisaatioita ymmärtämään sen tuomia etuja prosessien kehittämisessä ja näin ollen analytiikka auttaa toimintojen suunnittelussa. Vii-

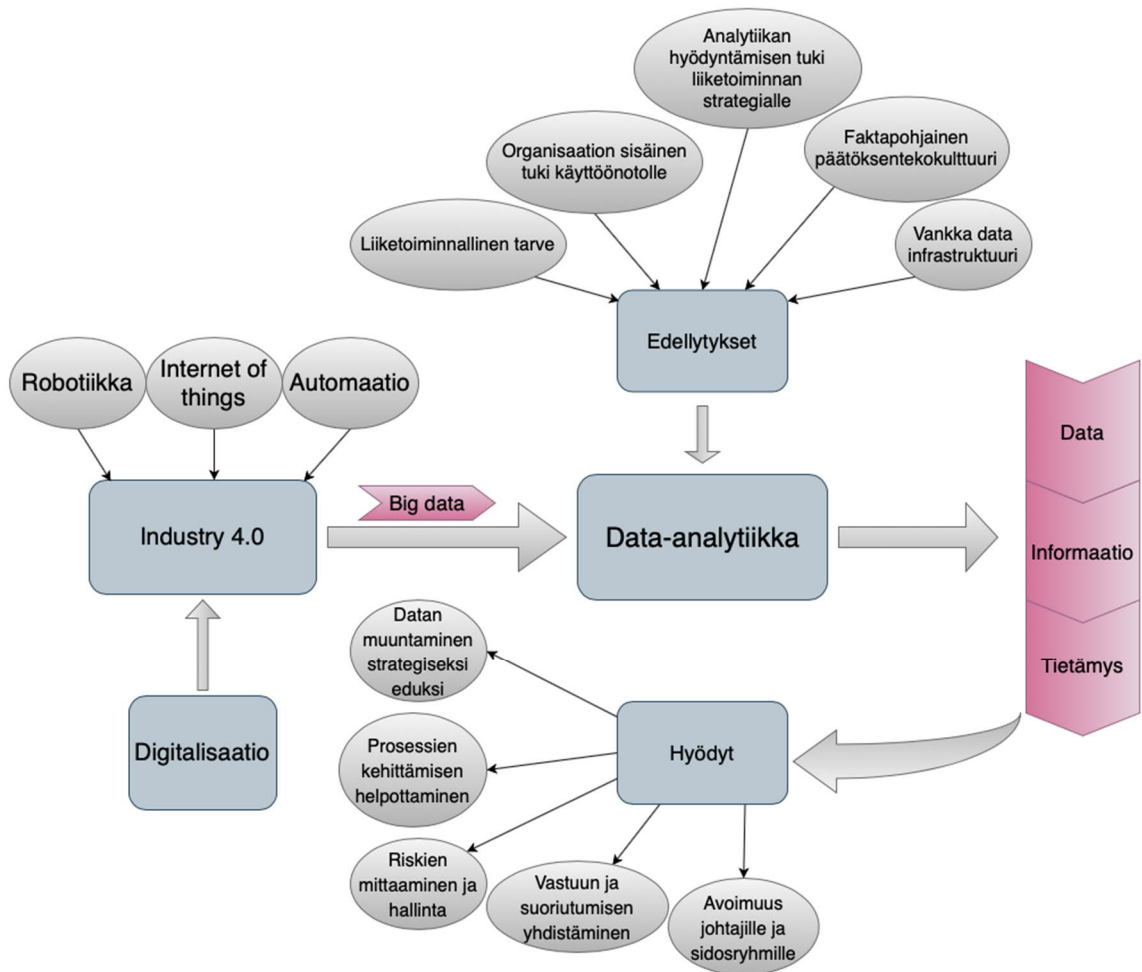
meinen hyöty on se, että data-analytiikka tarjoaa kurinalaisen lähestymistavan datan yhdistämiseksi ja sen muuntamiselle organisaation strategiseksi eduksi. (Minkin, 2018) Wamba et al. (2017) yhtyy ajatukseen analytiikan tuomista strategisen tason eduista kertoen, että big data -analytiikalla on suuri potentiaali parantaa organisaation tehokkuutta muun muassa sen tuoman strategisen tason potentiaalinsa ansiosta.

Big datan myötä data-analytiikkaa tulee tarkastella big datan ominaispiirteiden kautta, joita ovat määrä, nopeus ja monimuotoisuus. Datan määrä on ensimmäinen asia, joka voi heikentää data-analytiikkaa. Datan nopeuden näkökulmasta tarkasteltuna haasteeksi muodostuu se, että reaaliaikaista dataa muodostuu hyvin suuri määrä lyhyellä aikavälillä. Seurauksena voi olla, ettei laite tai järjestelmä pysty prosessoimaan kyseistä dataa. Datan monimuotoisuuden vuoksi muodostuu monen tyyppistä tai puutteellista dataa, jonka käsittely aiheuttaa myös haasteita data-analytiikalle. (Tsai et al., 2015) Saman tyyppisiä ongelmia big data -analytiikassa ovat havainneet myös Ahmed & Pathan (2018) kertoessaan, että nopeasti muodostuvan valtavan datamäärän tallentaminen, jakaminen, analysoiminen ja visualisoiminen ovat suuria haasteita. He mainitsevat myös, että big data -analytiikan ensisijainen tavoite on puhdistaa ja prosessoida raakaa dataa laadukkaaksi informaatioksi.

3.6 Data-analytiikka ja industry 4.0

Industry 4.0 on teollisuusalan 4:s teknologinen vallankumous (Jamwal et al., 2021). Yritysten tulee sopeutua muutoksiin ja yrityksissä tapahtumat uudistukset keskittyvät pääasiassa termiin industry 4.0, joka tarkoittaa automatisoinnin, robotiikan ja digitalisaation sopeuttamista teollisuuteen (Vrchota et al., 2019). Yadav et al. (2020) mainitsevatkin nykyisiin liiketoiminnan trendeihin kuuluvan uusia teknologioita, joita ovat esimerkiksi internet of things, big data -analytiikka, lohkoketjuteknologia ja koneoppiminen, ja jotka ovat kaikki osana käsitettä industry 4.0.

Duan & DaXu (2021) tutkivat industry 4.0:n ja data-analytiikan välistä yhteyttä toisiinsa. Industry 4.0 on kehittynyt industry 3.0:sta, joka keskittyi pääosin teollisuuden operatiiviseen tasoon. Data-analytiikan juuret taas ovat tilastotieteessä ja tietotekniikassa tavoitellen päätöksenteon parantamista. Koska operatiivisen tason suoriutumista voidaan parantaa kehittyneellä päätöksenteolla ja päätöksenteko puolestaan tarvitsee tuekseen operatiivisen tason prosesseja datan keräämiseen, ovat industry 4.0 ja data-analytiikka erinomaisina tukina toisilleen. (Duan & DaXu, 2021) Kuvassa 1 on yhteen vetävä visuaalinen esitys luvussa 3 käsitellystä teoriasta.



Kuva 1. Yhteenveto luvusta 3

Digitalisaatio on johtanut uusien teknologioiden kehittymiseen, joita ovat muun muassa robotiikka, automaatio ja internet of things. Näiden teknologioiden kehittämisestä käytetään valmistusteollisuudessa termiä industry 4.0. Niiden hyödyntämisen seurauksena muodostuu valtavia määriä dataa. Data-analytiikkaa hyödynnetään datan muuntamiseksi ja prosessoimiseksi organisaatiota hyödyttäväksi tietämykseksi. Data-analytiikasta saatavan tietämyksen avulla voidaan esimerkiksi kehittää prosesseja sekä hallita ja mitata riskejä. Data-analytiikan käyttöönotolla ja hyödyntämisellä on kuitenkin tiettyjä edellytyksiä, joita ilman sen tehokas hyödyntäminen ei ole mahdollista. Hyödyntämiselle tulee esimerkiksi olla selkeä liiketoiminnallinen tarve sekä organisaation sisäinen tuki. Edellytyksien täytyessä siitä mahdollisesti saatavia hyötyjä on lukuisia, jotka parantavat yritysten kilpailuetua ja päätöksentekoa. Näitä asioita on havainnollistettu kuvassa 1.

4. KESTÄVYYS JA KESTÄVÄ PÄÄTÖKSENTEKO VALMISTUSTEOLLISUUDESSA

Tässä luvussa määritellään kestävyden ja kestävä kehityksen termit. Määrittelyiden jälkeen tutkitaan kestävä päätöksenteon teoriataustaa valmistusteollisuudessa. Tarkoituksena on saada käsitys siitä, mitä kestävyys ja kestävä päätöksenteko tarkoittaa valmistusteollisuuden kontekstissa.

4.1 Kestävyys ja kestävä kehitys

Kestävydestä on muodostunut tärkeä kysymys, joka vaikuttaa niin yrityksiin kuin yhteiskuntaankin. Painostus maapallon luonnollisten resurssien kestävälle käyttämiselle on lisääntynyt nopeasti etenkin globalisaation ja kehitysmaiden talouden kehittymisen myötä. Myös läpinäkyvyys ja avoimen tiedon lisääntyminen on parantanut globaalisti tietoisuutta siitä, miten yritykset toimivat kestävyden kontekstissa. Liiketoiminnallisen- ja sosiaalisen tason sidosryhmät vaativat yrityksiltä korkeampia standardeja kestävyden takaamiseksi. (Meixell & Luoma, 2015)

Määritellessään kestävä kehityksen Santillo (2007) tukeutuu Brundtlandin raporttiin, jossa kestävä kehityksen kerrotaan olevan kehitystä, joka vastaa nykyajan tarpeisiin vaarantamatta seuraavien sukupolvien mahdollisuutta vastata omiin tarpeisiinsa. Määritelmän pohjalta hän mainitsee, että ainoa kestävä tapa edistää kestävä kehitystä, on samanaikaisesti keskittyä talouteen, ympäristöön ja sosiaaliseen hyvinvointiin. Tätä hie-man tukien Luque González et al. (2021) kertovat, että heidän tekemänsä tutkimuksen perusteella tämänhetkinen kestävyden käsite pohjautuu pääosin kolmeen kategoriaan, joita ovat taloudellisuus, sosiaalinen kestävyys ja eettisyys.

4.2 Kestävä toiminta ja päätöksenteko valmistusteollisuudessa

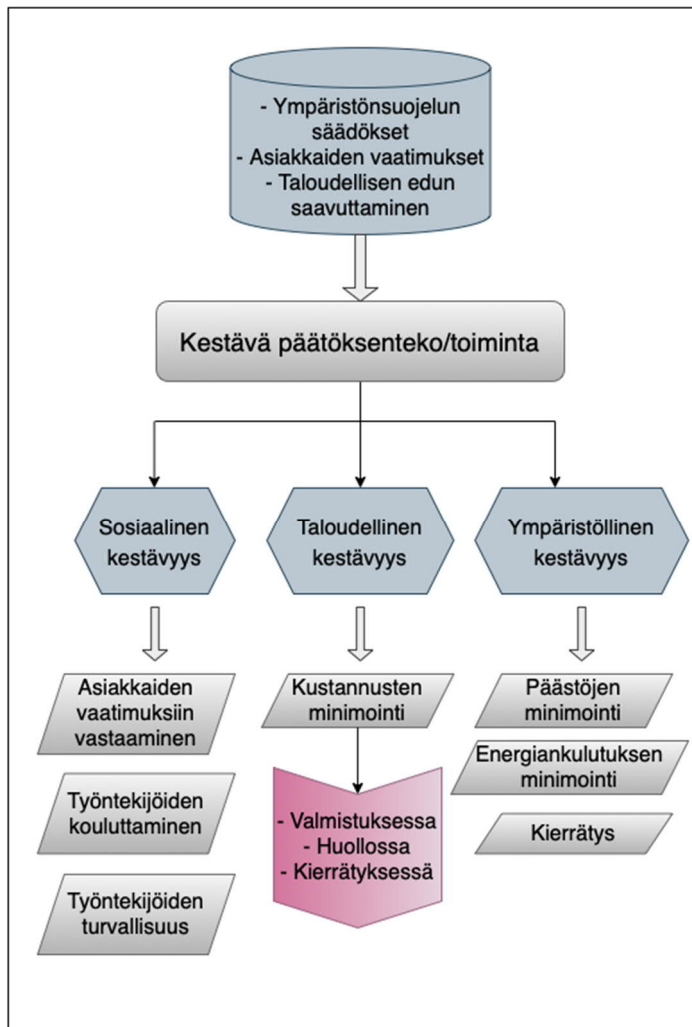
Teollistumisen myötä kestävydestä on tullut hyvin merkittävä tekijä globaalisti. Kestävyden laiminlyönti missä tahansa organisaatiossa, johtaa niin merkittäviin taloudellisiin tappioihin kuin maineenkin pilaantumiseen. Industry 4.0:an sisältyvien kehittyneiden teknologioiden myötä valmistusteollisuus on jo saavuttanut kestävyden periaatteita toiminnassaan. Kestävä toiminnan harjoittaminen on kuitenkin edelleen rajautunutta. (Jamwal et al., 2021)

Kestävä toiminta valmistusteollisuudessa sisältää kolme näkökulmaa, joiden tulee toteutua ja ne ovat ympäristövaikutusten minimointi, sosiaalisten suhteiden parantaminen ja samanaikaisesti taloudellisen hyödyn maksimointi (Hendiani et al., 2020). Ympäristövaikutusten minimointiin sisältyy päästöjen minimointi, energiankulutus ja kierrätys. Sosiaaliseseen näkökulmaan sisältyy valmistusajan minimointi ja komponenttien uudelleenkäyttö. Taloudellinen näkökulma pohjautuu valmistuksen, huollon ja kierrätyksen kustannusten minimointiin. (Raut et al., 2019) Näiden kaikkien kolmen osa-alueen toteutuminen valmistusteollisuudessa sisältää kuitenkin monimutkaisia päätöksentekoprosesseja. Ympäristönsuojeluun liittyvät säädökset, asiakkaiden vaatimukset kestävästi valmistetuista tuotteista sekä taloudellisen edun saavuttaminen esimerkiksi resurssien säästämisen avulla ovat syitä siirtyä kestävämpään toimintaan valmistusteollisuuden yrityksissä. (Zarte et al., 2019)

Tutkiessaan kestävää päätöksentekoa valmistusteollisuudessa Zarte et al. (2019) osoittivat tuloksissaan sen olevan kuitenkin painottunut tällä hetkellä pääasiassa strategiseen tasoon eikä niinkään operatiiviseen tasoon, jossa päätöksenteko liittyy enimmäkseen ympäristöön ja taloudellisiin tekijöihin. He mainitsevat, että operatiivisella tasolla tulisi keskittyä myös kestävyiden sosiaaliseen tasoon, johon sisältyy esimerkiksi työntekijöiden kouluttaminen, työntekijöiden terveydestä huolehtiminen sekä asiakkaiden vaatimuksiin vastaaminen kestävästi valmistetuista tuotteista. Tuotteiden elinkaaren aikana tehty kestävä päätöksenteko sisältää myös taloudellisen ulottuvuuden, jossa mitataan tuotannon kuluja. Tämän lisäksi sosiaalisesta näkökulmasta tehtyjä päätöksiä varten mitataan työntekijöiden hyvinvointia ja turvallisuutta. Ympäristön näkökulmasta päätöksenteko pohjautuu energiankulutuksen, päästöjen ja muiden saasteiden analysointiin. (Zarte et al., 2019) Merkittävimmiksi haasteiksi kestävä toiminnan takaamisessa Hendiani et al. (2020) mainitsevat juuri työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden, valmistuksen kulut sekä energian kulutuksen ja haitallisten materiaalien käytön.

Kestävää toimintaa on johdettu yleensä siten, että päätöksentekoa tehdään erillisinä kokonaisuuksina näillä kestävyiden eri osa-alueilla. Tämä vaikeuttaa kestävyiden ymmärtämistä kokonaisuutena, sillä todellisuudessa kestävyiden osa-alueet eivät ole eristyksissä toisistaan. Päätöksentekijöillä tulisi siis olla ymmärrys taloudellisten, ympäristöllisten ja sosiaalisten toimintojen vaikutuksista toisiinsa. Näiden yhteisvaikutuksella on ennen pitkää vaikutus myös organisaation rahavirtoihin. (Zhang et al., 2021) Tähän tukeutuen Tseng et al. (2019) kertovat, että kestävä toiminnan takaamiseksi valmistusteollisuuden yritysten tulisi tehdä täsmällisempiä taloudellisia päätöksiä, hyödyntää dataa

kustannuksista sekä keskittyä tuotteiden ja palveluiden laatuun paremman asiakastyytyväisyyden saavuttamiseksi. Kuvassa 2 on esitelty yhteenveto luvussa 4 käsitellystä kestävästä päätöksenteosta valmistusteollisuudessa.



Kuva 2: Yhteenveto luvusta 4

Kuten kuvasta 2 voidaan havaita, ympäristönsuojeluun liittyvät säädökset, asiakkaiden vaatimukset kestävästi valmistetuista tuotteista sekä taloudellisen edun saavuttaminen toimivat selkeinä kannustimina valmistusteollisuuden organisaatioille toiminnan muokkaamiseksi kestävämpään suuntaan. Kestävä päätöksenteko ja toiminta jaotellaan kolmeen osa-alueeseen, joita ovat sosiaalinen, taloudellinen ja ympäristöllinen kestävyys. Sosiaalinen kestävyys kattaa esimerkiksi asiakastyytyväisyyden varmistamisen, taloudellinen kestävyys puolestaan perustuu kustannusten minimointiin ja ympäristöllinen kestävyys sisältää muun muassa päästöjen minimoinnin.

5. DATA-ANALYTIikka JA KESTÄVÄ PÄÄTÖKSENTEKO VALMISTUSTEOLLISUUDESSA

Tässä luvussa tarkastellaan data-analytiikan käyttöönottoa ja data-analytiikkaa valmistusteollisuuden kestävyiden kontekstissa, jotta ymmärretään data-analytiikan olemus valmistusteollisuuden toimintaympäristössä. Tämän jälkeen pyritään löytämään vastauksia data-analytiikan vaikutuksista kestävään päätöksentekoon ja toimintaan valmistusteollisuudessa.

5.1 Data-analytiikan käyttöönotto valmistusteollisuudessa

Industry 4.0:n myötä valmistavan teollisuuden organisaatioiden valmistusprosessit ovat muuttuneet perinteisistä valmistusprosesseista digitaalisiksi prosesseiksi. Tämä muutos johtuu pitkälti lisääntyneestä teknologioiden käyttöönottamisesta, mikä on johtanut tuotteiden, palveluiden ja prosessien digitalisoitumiseen. Tämän myötä dataa muodostuu valtavasti esimerkiksi sensorien, kyberfyyssisten järjestelmien ja internet of thingsin vaikutuksesta. Näin muodostuneen valtavan datamäärän hallitseminen on muodostunut haasteeksi. Big data -analytiikka voi tuoda avun rakenteettoman valtavan datamäärän hallitsemiseen luoden mahdollisuuksia tehokkaaseen päätöksentekoon ja kestäviin toimenpiteisiin. Monet valmistusteollisuuden yritykset kuitenkin kohtaavat haasteita big data -analytiikan käyttöönottamisessa etenkin kestävyiden kontekstissa. (Kumar et al., 2021) Myös Kozjek et al. (2020) tunnistavat data-analytiikan käyttöönoton olevan haaste valmistusteollisuudessa. He kertovat, että sen käyttöönottaminen jää etenkin levinneisyyden ja monimuotoisuuden suhteen selvästi jälkeen muita toimialoja, kuten esimerkiksi markkinointia ja terveydenhuoltoa tarkoittaen sitä, että suuri osa datasta jää usein hyödyntämättä.

Kumarin et al. (2021) tekemän tutkimuksen yksi merkittävimmistä tuloksista oli, että big data -analytiikan hyödyntäminen parantaa prosessien tehokkuutta sekä energiatehokkuutta, tuotteiden uusiokäyttöä, resurssien optimointia, jätteiden minimointia ja muita kestävään toimintaan liittyviä mahdollisuuksia. Näistä hyödyistä huolimatta tutkimuksen tulokset osoittivat, että useat valmistusteollisuuden yritykset ovat vastahakoisia big data -analytiikan käyttöönotolle, sillä se vaatii suuria investointeja ja sisältää riskejä sen käyttöönoton epäonnistumisesta.

Tärkeimmiksi tekijöiksi big data -analytiikan onnistuneessa käyttöönottamisessa Kumarin et al. (2021) tekemän tutkimuksen perusteella osoittautuivat

- ylimmän johdon tuki
- kehittyvät valmiudet big datan käsittelemiseen
- strategian kehittäminen big data -analytiikkaa tukevaksi
- osaavat päätöksentekijät
- luotettavan ja laadukkaan datan saatavuus
- prosessien integrointi.

Tärkein näistä on ylimmän johdon tuki, sillä organisaation ylimmällä johdolla on merkittävä vaikutus big data -analytiikan ja muiden sitä tukevien teknologioiden käyttöönottoisessa, jotta aiemmin mainitut data-analytiikan kestävän toiminnan hyödyt voidaan saavuttaa (Kumar et al., 2021).

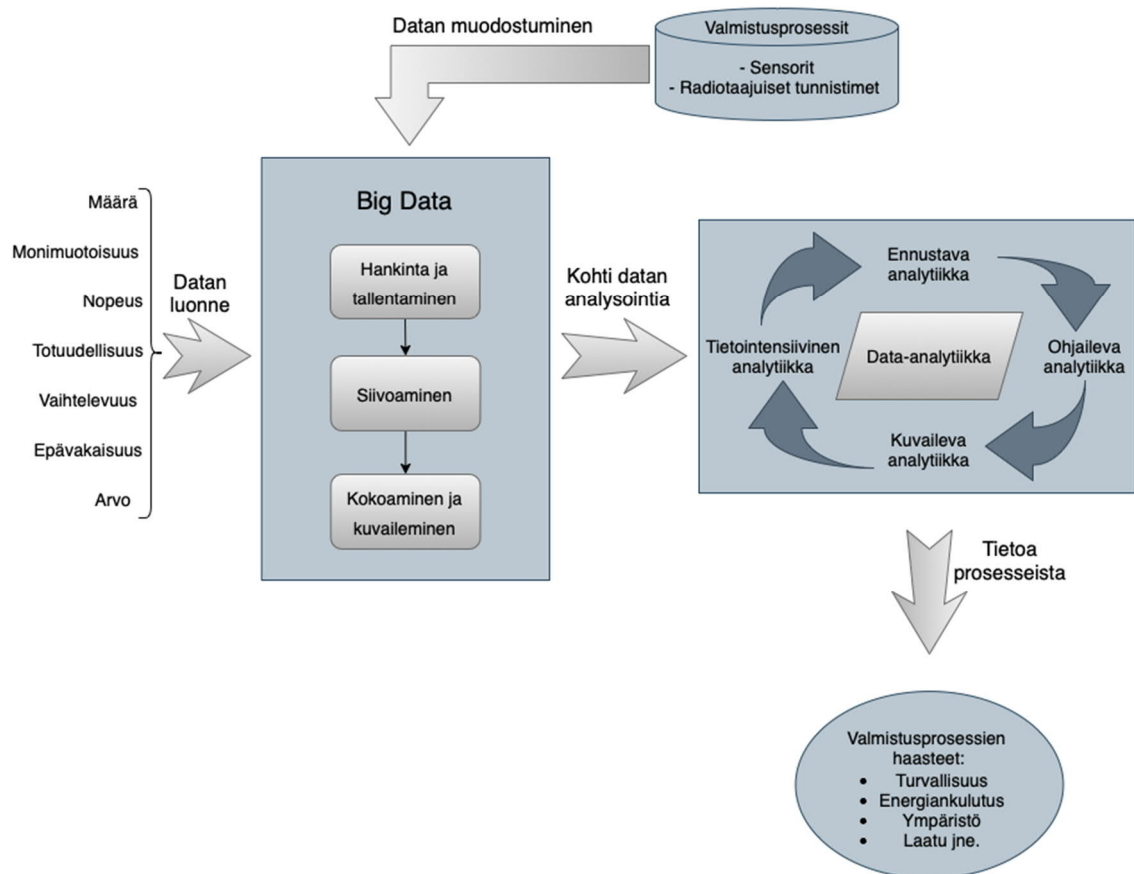
Tutkiessaan big data -analytiikan käyttöönottoa kestävien toimitusketjujen kontekstissa Bag et al. (2020) löysivät useita merkittäviä haasteita. Eräs haaste on se, että systeemeistä tulisi poistaa pullonkaulat sekä teknologinen monimutkaisuus. Teknologinen monimutkaisuus on este big data -analytiikan käyttöönotolle, joten se on välttämätöntä ratkaista. Sen jälkeen voidaan rakentaa infrastruktuuri big data -analytiikan käyttöönottoa varten. Merkittävä haaste on myös työntekijöiden keskuudessa oleva pelko, joka kohdistuu big data -analytiikan mahdollistavien teknologioiden hyödyntämiseen. Myös relevantin ja laadukkaan informaation oikea-aikaisen jakamisen haasteet ovat merkittävässä osassa big data -analytiikan käyttöönottoisessa. Näistä haasteista huolimatta big data -analytiikkaa hyödyntämällä voidaan saavuttaa valtavia hyötyjä kestävän kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi. (Bag et al., 2020)

5.2 Data-analytiikan hyödyntäminen valmistusteollisuudessa

Valmistusteollisuuden tieto- ja viestintäteknologioiden nopean kehittymisen ja käyttöönoton lisääntymisen myötä tuotetaan, kerätään ja tallennetaan suuria määriä sekalaista dataa. Näiden monimutkaisten datamassojen käsitteleminen on haastavaa, sillä aiemmin mainitun teknologian kehityksen myötä data-analytiikkaan on muodostunut monia uusia lähestymistapoja, menetelmiä, tekniikoita ja työkaluja. Toisaalta nämä data-analytiikan uudet ominaisuudet luovat mahdollisuuksia hyödyntää dataa muuntaen sitä hyödylliseksi tiedoksi. (Kozjek et al., 2020) Kumar et al. (2021) väittävätkin, että data-analytiikan hyödyntäminen johtaa parempaan datalähtöiseen päätöksentekoon, jonka myötä saavutetaan syvempi ymmärrys yrityksen toiminnoista ja tämän tuloksena myös toiminnan johtaminen kehittyy. Heidän mukaansa data-analytiikan hyödyntäminen parantaa

valmistuksen laatua sekä säästää aikaa ja rahaa, sillä analytiikka tähtää parempaan reaaliaikaiseen päätöksentekoon.

Kuvassa 3 on esitetty Belhadin et al. (2019) muodostama visuaalinen malli data-analytiikan hyödyntämiselle valmistusteollisuuden prosesseissa.



Kuva 3. Data-analytiikka valmistusteollisuuden prosesseissa (mukailtu lähteestä Belhadi et al., 2019, s. 4)

Valmistusteollisuuden prosessit tuottavat siis dataa edistyneiden teknologioiden, kuten esimerkiksi sensorien ja radiotaajuisien tunnistimien avulla. Muodostunut data on luonteeltaan big dataa, jonka piirteitä ovat muun muassa määrä, monimuotoisuus ja muodostumisnopeus. Big dataa käsitellään useiden toimenpiteiden avulla, joita ovat esimerkiksi kerääminen ja tallentaminen, siivoaminen sekä kokoaminen ja kuvaileminen. Nämä vaiheet toteutetaan, jotta analytiikassa käytettävä data olisi luotettavaa. Tämän jälkeen voidaan toteuttaa neljävaiheinen data-analytiikan prosessi, joka sisältää kuvailevaa, tietointensiivistä, ennustavaa sekä ohjailevaa analytiikkaa. Näiden vaiheiden avulla saadun tiedon ja oivallusten seurauksena voidaan ohjata ja johtaa valmistusprosesseja. Näistä esimerkkeinä ovat prosessien turvallisuus, energiankulutus ja ympäristövaikutukset sekä laadunhallinta. (Belhadi et al., 2019) Myös Wang et al. (2021) lähestyvät data-analytiikan vaikutuksia valmistusprosesseihin samankaltaisen neljävaiheisen mallin mukaisesti.

Heidän mukaansa data-analytiikasta saatavalla arvolla mahdollistetaan päätöksenteko, jolla voidaan edistää koko valmistussysteemin suoriutumista. He mainitsevat sen siis vaikuttavan esimerkiksi toimintojen, rakenteiden ja tuoteprosessien optimointiin data-analyysin avulla. Tätä tarkentavat vielä Belhadi et al. (2019) luettelemalla valmistusprosessien haasteet, joihin data-analytiikalla voidaan vaikuttaa. Näitä ovat laadun- ja prosessien hallinta, energiatehokkuus ja ympäristöystävällisyys, ennakoiva vianmääritys ja huolto sekä turvallisuus ja riskien analysointi.

Big data -analytiikan merkittävimmät käyttökohteet sijoittuvat pitkälti juuri mainittuihin valmistusprosessien haasteisiin. Näitä merkittävimpiä käyttökohteita ovat tuotteiden suunnittelu, laadunhallinta, aikataulutaminen sekä laitevikojen ennustaminen. Tuotteiden suunnittelu sisältää dataa esimerkiksi tuotteiden määrästä, kysynnästä sekä aiemmista tuotteista. Näistä osa-alueista saadun datan avulla pystytään toteuttamaan datalähtöistä laadukasta tuotesuunnittelua. Laadunhallinnassa data liittyy käytettäviin materiaaleihin, käytettävän laitteiston kuntoon sekä valmistusprosessien eri tekijöihin. Tämän datan avulla tunnistetaan tärkeimmät laatuun vaikuttavat tekijät, tehdään laadunhallinnallisia ennusteita sekä kontrolloidaan valmistusprosessien ja tuotteiden laatua. Aikataulutamisessa saadaan dataa puolestaan kauttaaltaan valmistusympäristöstä. Tämän lisäksi siinä käytetään myös historiadataa. Laitevikojen ennustamisessa käytetään tietojärjestelmistä ja sensoreista saatavaa dataa ja luodaan toimiva arkkitehtuuri laitevikojen ennustamiselle. (Wang et al., 2021)

Kozjek et al. (2020) tuovat puolestaan esille tärkeimpiä huomioonotettavia asioita data-analytiikasta valmistusteollisuuden kontekstissa. Heidän mukaansa valmistusprosessien tuottamasta datasta tulee olla tietoinen. Tämän lisäksi data-analytiikan mahdollista potentiaalia ei useinkaan tiedosteta. Valmistusteollisuuden toiminnoissa ei ole mahdollista määrittää toimivaa data-analytiikan menetelmää ilman saatavilla olevan datan ymmärtämistä. Datatuntemuksen johtaa nimittäin data-analytiikan mahdollisesti tuoman potentiaalinn tunnistamiseen. Merkittävä ongelma valmistusteollisuuden data-analytiikassa on myös se, ettei sitä harjoittavilla työntekijöillä ole riittävää ymmärrystä valmistusprosesseista. Itse dataan liittyvänä ongelmana voidaan puolestaan tunnistaa se, että valmistusprosessien tuottaman datan määrä ja monimutkaisuus vaikeuttaa datan varastointia ja hallintaa merkittävästi. (Kozjek et al., 2020)

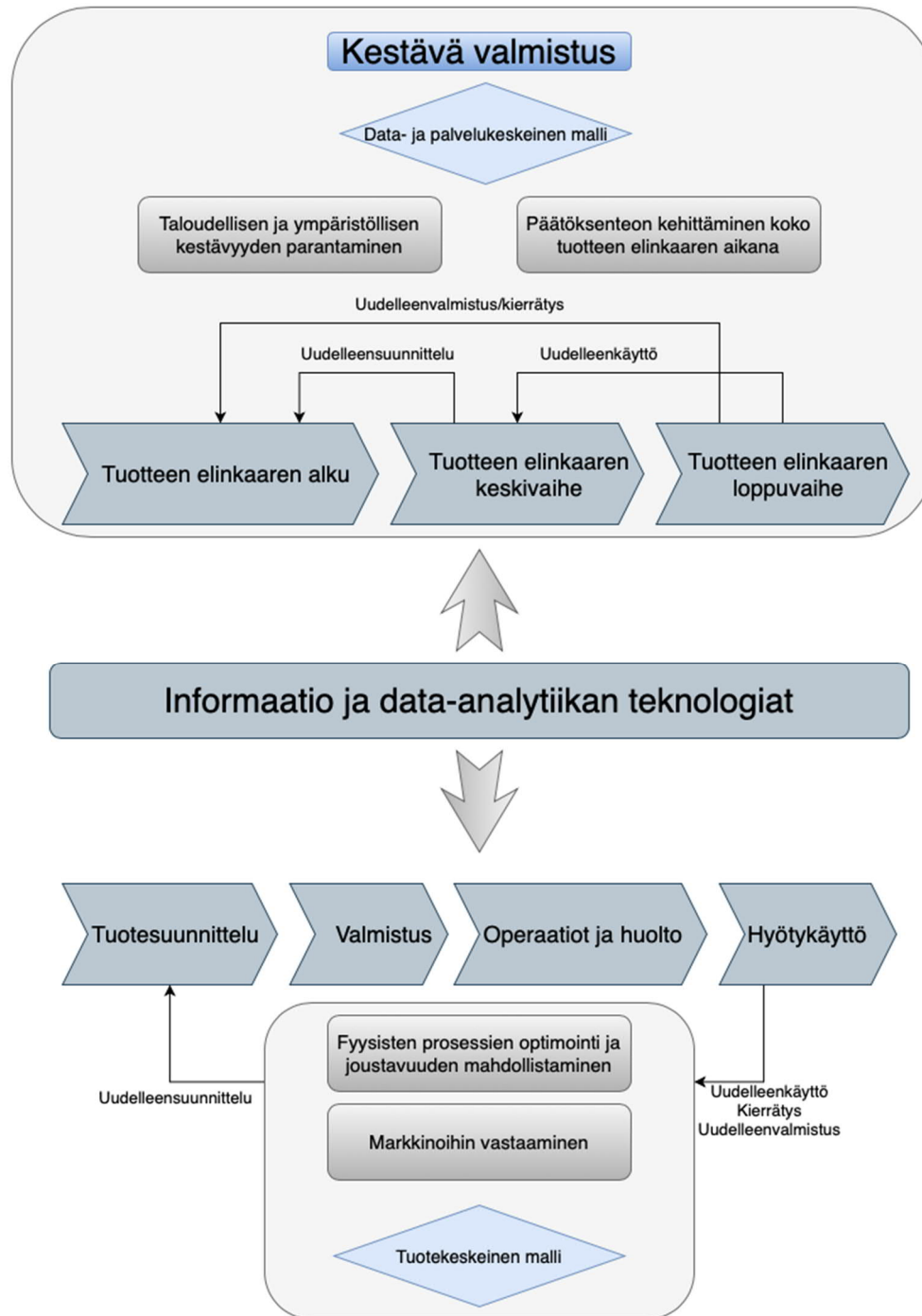
5.3 Data-analytiikan vaikutukset kestäväan päätöksentekoon valmistusteollisuudessa

Valmistusteollisuutta kohtaava kasvava painostus energiankulutuksen ja etenkin saasteiden vähentämiseen vaatii yrityksiltä ympäristöystävällisempää tuotantotapaa. Puhtaampi tuotteiden valmistaminen on yksi tärkeimmistä osa-alueista kestäväan valmistuksen ja kilpailuedun takaamiseksi valmistusteollisuuden yrityksissä. Puhtaamman valmistamisen toteuttaminen on ollut ennen hankalaa esimerkiksi laadukkaan datan ja tiedon puutteen vuoksi. Datan ja tiedon avulla pystyttäisiin nimittäin koordinoimaan ja optimoimaan tuotteen elinkaaren eri vaiheita. Laaja sensorilaitteiden käyttäminen on kuitenkin johtanut siihen, että tuotteen elinkaaren aikana muodostuu suuria määriä reaaliaikaista dataa, jota voidaan kerätä. (Zhang et al., 2017)

Näin ollen big data -analytiikasta on tullut valmistusteollisuudessa erittäin suosittu termi. Sen myötä on löydetty uusia päätöksentekoa tukevia työkaluja ja sen avulla pystytään suunnittelemaan datalähtöisiä toimitusketjuja valmistusteollisuudessa. Valmistusteollisuutta painostetaan vahvasti harjoittamaan kestäväa toimintaa valmistusteollisuusyritysten kaikilla liiketoiminnan osa-alueilla. (Raut et al., 2019) Myös Ren et al. (2019) ovat havainneet big data -analytiikan merkityksen valmistusteollisuudessa kertoen, että älykkään valmistuksen myötä yhdeksi tärkeimmäksi teknologiaksi valmistusteollisuudessa on muodostunut big data -analytiikka, jonka avulla voidaan löytää muutoin piilossa olevaa hyödyllistä tietoa, kuten esimerkiksi yhteyksiä tuotteen elinkaaren aikana tehdyistä päätöksistä tai yhteyksistä prosessien eri tekijöiden välillä. Tämä auttaa valmistusteollisuuden johtajia tekemään tietoon pohjautuvia päätöksiä monimutkaisessakin ympäristössä (Ren et al., 2019).

Kiertotalous on taloudellisen toiminnan ja ympäristön hyvinvoinnin integrointia kestäväällä tavalla (Murray et al, 2017). Tutkiessaan big data -analytiikan, päätöksenteon ja datalähtöisten oivallusten yhteyttä kiertotalouteen Awan et al. (2021) saivat selville, että big data -analytiikalla on positiivinen vaikutus kiertotalouden harjoittamisessa. Sen avulla saadaan esimerkiksi parempia ennusteita kiertotalouden toimivuudesta. Tutkimus osoitti myös, että big data -analytiikalla on positiivinen vaikutus datalähtöisten oivallusten saavuttamiseksi, mikä johtaa lopulta päätöksenteon laadun paranemiseen. Tulokset varmistivat big data -analytiikan olevan valmistusteollisuuden yritykselle tärkeä resurssi, jonka avulla voidaan ymmärtää tiedon ja datalähtöisten oivallusten merkitys päätöksenteolle kiertotalouden harjoittamiseksi. Kiertotalouden suorituskyky perustuu tutkimuksen tulosten mukaisesti datalähtöisiin oivalluksiin sekä päätöksenteon laatuun. (Awan et al., 2021)

Ren et al. (2019) tunnistavat data-analytiikan merkityksen valmistusteollisuuden kestävässä päätöksenteossa kertoen, että kestävää älykästä valmistusta harjoittavilla yrityksillä on tavoitteenaan edistää tuotteiden ja palveluiden valmistusta ja toimittamista, vähentää resurssien tuhlausta ja saasteita sekä parantaa taloudellista ja ympäristöllistä kestävyttä. Tämä on mahdollista tiedon ja data-analytiikan avulla, sillä ne auttavat prosessien hallitsemisessa koko tuotteen elinkaaren aikana johtaen laadukkaaseen päätöksentekoon. Tavoitteena on myös kehittää tuotesuunnittelua, valmistusta, huoltoa ja korjausta tuotteen elinkaaren aikana saadun datan avulla. Resurssien- ja energiantuhlauksen sekä saasteiden minimoimiseksi tärkeässä osassa ovat tuotteiden uudelleenkäyttö, uudelleenvalmistus ja kierrätys. Big data -analytiikka tarjoaa siis mahdollisuuden saada datasta hyödyllistä tietoa, jonka avulla tehdään tietointensiivistä päätöksentekoa. Päätöksenteko johtaa tuotteen elinkaaren optimointiin ja kestävämpään valmistukseen. (Ren et al., 2019) Edellä mainittuja asioita on mallinnettu kuvassa 4.

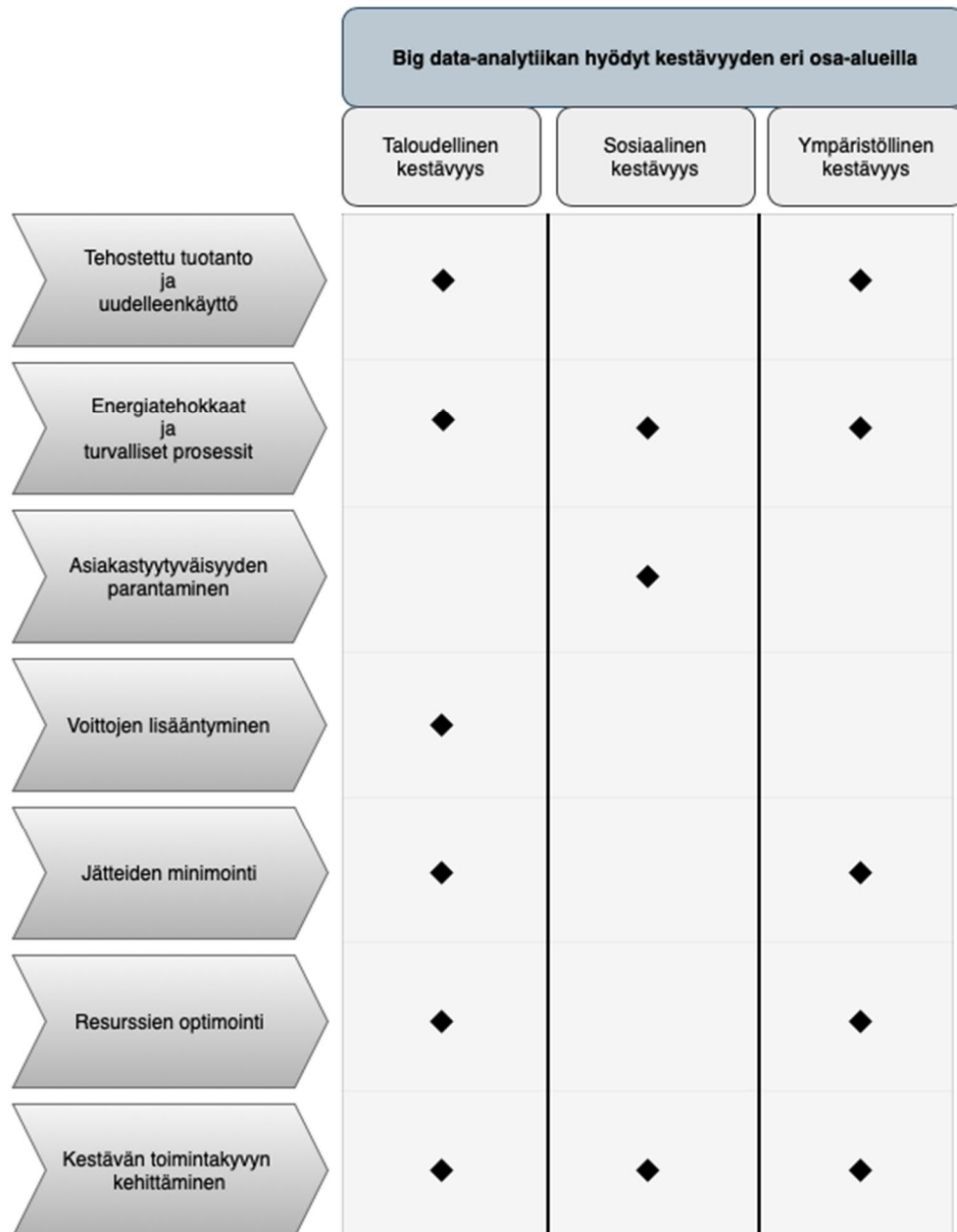


Kuva 4. Data-analytiikka ja kestävä valmistus (mukailtu lähteestä Ren et al., 2019, s. 1345)

Aiempiin argumentteihin tukeutuen Zhang et al. (2017) kertovat big data -analytiikan tuovan mahdollisuuden analysoida historiallista ja reaaliaikaista dataa tuotteen elinkaaren eri vaiheista ja muuttujista, joilla on suurin vaikutus kestävään valmistukseen. Näin ollen se voi olla kriittinen työkalu kestävässä päätöksenteossa. Big data -analytiikan prosessit

sisältävät historiadatan aktiivista jäsentelyä ja analysointia, jonka seurauksena valmistusteollisuuden yritykset voivat vähentää virheitä ja energiankulutusta sekä säästää aikaa ja rahaa. (Zhang et al., 2017)

Kumarin et al. (2021) tekemän kirjallisuuskatsauksen perusteella big data -analytiikan tuomat hyödyt kattavat kaikki kestävyiden osa-alueet, joita ovat taloudellinen, sosiaalinen ja ympäristöllinen kestävyys. Tätä on havainnollistettu kuvassa 5.



Kuva 5. Big data -analytiikan tuomat hyödyt kestävyiden osa-alueilla (mukailtu lähteestä Kumar et al., 2021, s. 969)

Zhang et al. (2017) löysivät tutkimuksessaan merkittäviä data-analytiikan tuomia seurauksia markkinointi-, tuotekehitys-, valmistus- ja palvelusektoreille kestävän päätöksenteon tueksi. Markkinointisektori voi valita ja ennustaa parhaiten sopivat asiakkaat hyödyntäen big data -analytiikkaa asiakasdataan. Tämä on Zhangin et al. (2017) mukaan erittäin kriittinen tehtävä, sillä asiakkaiden tuotteisiin kohdistuvat vaatimukset kasvavat eksponentiaalisesti. Kuten kuvasta 5 voidaan havaita, on asiakastyytyvyyden parantaminen Kumarin et al. (2021) mukaan sosiaalisen kestävyuden varmistamista.

Kun aikaa kuluu, on tuotekehityksen sektorilla myös yhä enemmän historiallista dataa käytettävissään, jolloin big data -analytiikka muodostuu hyödylliseksi. Analytiikkaa käytetään esimerkiksi valmistuksesta, huollosta ja kierrätyksestä saatavan datan analysointiin, jotta tuotekehityksessä voitaisiin löytää uusia vaatimuksia uusien tuotteiden ominaisuuksista. (Zhang et al., 2017) Dataa saadaan tällä sektorilla niin valmistuksesta, huollosta kuin kierrätyksestäkin, joten se sisältyy kuvan 5 ja Kumarin et al. (2021) mukaan kaikkiin kestävyuden osa-alueisiin.

Valmistussektorilla data-analytiikka ja sensorilaitteistot mahdollistavat tuotteiden laadun ja valmistuksessa käytettävien laitteiden valvonnan sekä laitteiden energiatehokkuuden lisäämisen. Big data -analytiikan avulla voidaan tehostaa päätöksentekoa myös prosessien aikataulutuksen optimoinnissa. (Zhang et al., 2017) Kuvaan 5 ja Kumarin et al. (2021) tutkimukseen vedoten energiatehokkuuden ja tehostetun tuotannon avulla edistetään kaikkia kestävyuden osa-alueita, etenkin taloudellista ja ympäristöllistä kestävyttä.

Palvelusektorilla puolestaan keskitytään asiakastyytyvyyden kehittämiseen. Myös tällä sektorilla hyödynnetään sensoridataa, jotta voidaan varmistaa tuotteen laatu sekä tarjota ennakoivaa huoltopalvelua. Analysoimalla historiallista ja reaaliaikaista tuotteen liittyvää dataa on mahdollista tehdä huoltosuunnitelmia jo ennen vikojen syntymistä, mikä auttaa niiden ennaltaehkäisemisessä. (Zhang et al., 2017) Kuten aiemmin mainittiin, on asiakastyytyvyyden lisääminen sosiaalisen kestävyuden kehityksen kannalta olennaista (Kumar et al., 2021).

Monet tutkimukset osoittavat data-analytiikan hyödyntämisen tuovan merkittävää, etua kestävään päätöksentekoon valmistusteollisuudessa. Muun muassa Raut et al. (2019) perustelevat tutkimukseensa vedoten, että big data -analytiikan tuomat mahdollisuudet varmistavat vahvan organisaation sisäisen liiketoimintaprosessin, jonka avulla voidaan saavuttaa kestävän kehityksen tavoitteet pitkällä aikavälillä. Tämän lisäksi Awan et al. (2021) löysivät empiirisen tutkimuksensa avulla big data -analytiikan vaikuttavan positiivisesti päätöksenteon laatuun ja edelleen kiertotalouden suoriutumiseen. Waqas et al.

(2021) sekä Belhadi et al. (2020) puolestaan todistivat tutkimuksiensa avulla, että big data -analytiikalla ja ekologisella suoriutumisella on suora yhteys toisiinsa. Tutkiessaan älykkään valmistuksen erilaisia teknologioita Ren et al. (2019) tunnistivat big data -analytiikan olevan niistä yksi tärkeimmistä sen avulla saadun informaation ja päätöksenteon parantamisen vuoksi, mikä johtaa kestävämpään valmistukseen. Zhang et al. (2017) osoittivat myös big data -analytiikan johtavan tehokkaampaan ja täsmällisempään päätöksentekoon, mikä johtaa kestävämpään valmistukseen. Kumarin et al. (2021) tutkimus osoitti big data -analytiikan tuomien hyötyjen kattavan kaikki kestävyiden osa-alueet, mikä on erittäin merkittävä tulos tämän tutkimuksen kannalta.

6. YHTEENVETO

Tässä luvussa tehdään johtopäätökset kirjallisuuskatsauksen tuloksista, arvioidaan saatuja tuloksia sekä esitellään jatkotutkimusehdotukset. Tässä luvussa esitellään myös vastaukset tutkimukselle asetettuihin tutkimuskysymyksiin.

6.1 Johtopäätökset tuloksista

Yhtenä alatutkimuskysymyksenä tässä tutkimuksessa oli: ”Mitä on kestävä päätöksenteko valmistusteollisuudessa?”. Kestävään toimintaan pyrkiminen on nykypäivänä välttämätöntä kilpailuedun ja maineen säilyttämiselle valmistusteollisuudessa. Kestävän toiminnan ja päätöksenteon saavuttaminen valmistusteollisuudessa sisältää kolme osa-alueetta, joita ovat taloudelliset, ympäristölliset ja sosiaaliset tekijät. Tutkimus osoitti, ettei kestävää päätöksentekoa tulisi tarkastella jokaisella kestävyiden osa-alueella erikseen, vaan kestävyys tulisi ottaa päätöksenteossa huomioon kokonaisuutena, jossa nämä kaikki osa-alueet ovat suorassa vaikutuksessa toisiinsa. Kestävä päätöksenteko sisältää kestävyiden sosiaalisella osa-alueella esimerkiksi työntekijöiden hyvinvoinnista ja turvallisuudesta huolehtimisen sekä asiakkaiden vaatimuksiin vastaamisen. Taloudellinen osa-alue sisältää esimerkiksi tuotannon kulujen mittaamisen. Ympäristöllinen kestävyys keskittyy puolestaan energiankulutuksen, päästöjen ja muiden saasteiden analysointiin.

Alatutkimuskysymyksenä oli myös: ”Mitkä ovat data-analytiikan haasteet ja hyödyt valmistusteollisuudessa?”. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että data-analytiikka, ja valmistusteollisuudessa muodostuvan valtavan ja monimutkaisen datan vuoksi enemmän käytetty termi big data -analytiikka, voi tuoda merkittäviä etuja kestävä päätöksenteon ja toiminnan tueksi valmistusteollisuudessa. Tutkimus osoitti kuitenkin myös, että datan valtavan määrän vuoksi sen käsitteleminen on haastavaa. Data-analytiikkaan on myös teknologian kehityksen myötä muodostunut uusia lähestymistapoja, menetelmiä ja tekniikoita, mikä luo haasteita sen hyödyntämiselle. Data-analytiikan käyttöönottoaminen on myös eräs haaste, sillä se sisältää riskejä ja suuria investointeja, minkä seurauksena monet valmistusteollisuuden yritykset ovat vastahakoisia sen käyttöönottamista kohtaan. Haasteena on myös se, ettei data-analytiikan mahdollisesti tuomaa potentiaalia tiedosteta. Mikäli edellä mainitut haasteet onnistutaan selättämään, voidaan data-analytiikan avulla saavuttaa merkittäviä hyötyjä, joita ovat esimerkiksi datalähtöinen päätöksenteko sekä toiminnan johtamisen parantuminen. Tämän myötä valmistuksen laatu paranee, jolloin säästyy myös aikaa ja rahaa.

Alatutkimuskysymyksiin lukeutui myös kysymys: ”Miten data-analytiikkaa hyödynnetään valmistusteollisuudessa?”. Valmistusteollisuudessa saadaan digitalisaation ja industry 4.0 teknologisen vallankumouksen myötä kerättyä valtavia määriä dataa erilaisiin valmistusta tehostaviin toimintoihin. Valmistusteollisuudessa data-analytiikan käyttökohteita ovat tämän tutkimuksen valossa tuotteiden suunnittelu, laadunhallinta, aikataulutaminen sekä laitevikojen ennustaminen. Näistä toiminnoista yritykset keräävät dataa esimerkiksi tuotteiden määrästä, käytettävistä materiaaleista sekä laitteiston kunnosta. Valmistusteollisuuden data-analytiikassa käytetään myös tietojärjestelmistä ja laitesensoreista saatavaa dataa. Tätä dataa prosessoidaan edelleen esimerkiksi siivoamalla sitä ennen data-analytiikan nelivaiheista prosessia. Data-analytiikan prosessi koostuu tietointensiivisestä, ennustavasta, ohjailevasta ja kuvailevasta analytiikasta. Nämä vaiheet auttavat valmistusteollisuuden prosessien ohjaamista ja johtamista. Tutkimus osoittaa, että data-analytiikalla on useita datalähteitä ja käyttökohteita valmistusteollisuudessa. Nämä käyttökohteet muodostavat monimutkaisen kokonaisuuden, jolla on suuri merkitys kestävän päätöksenteon ja toiminnan harjoittamisessa.

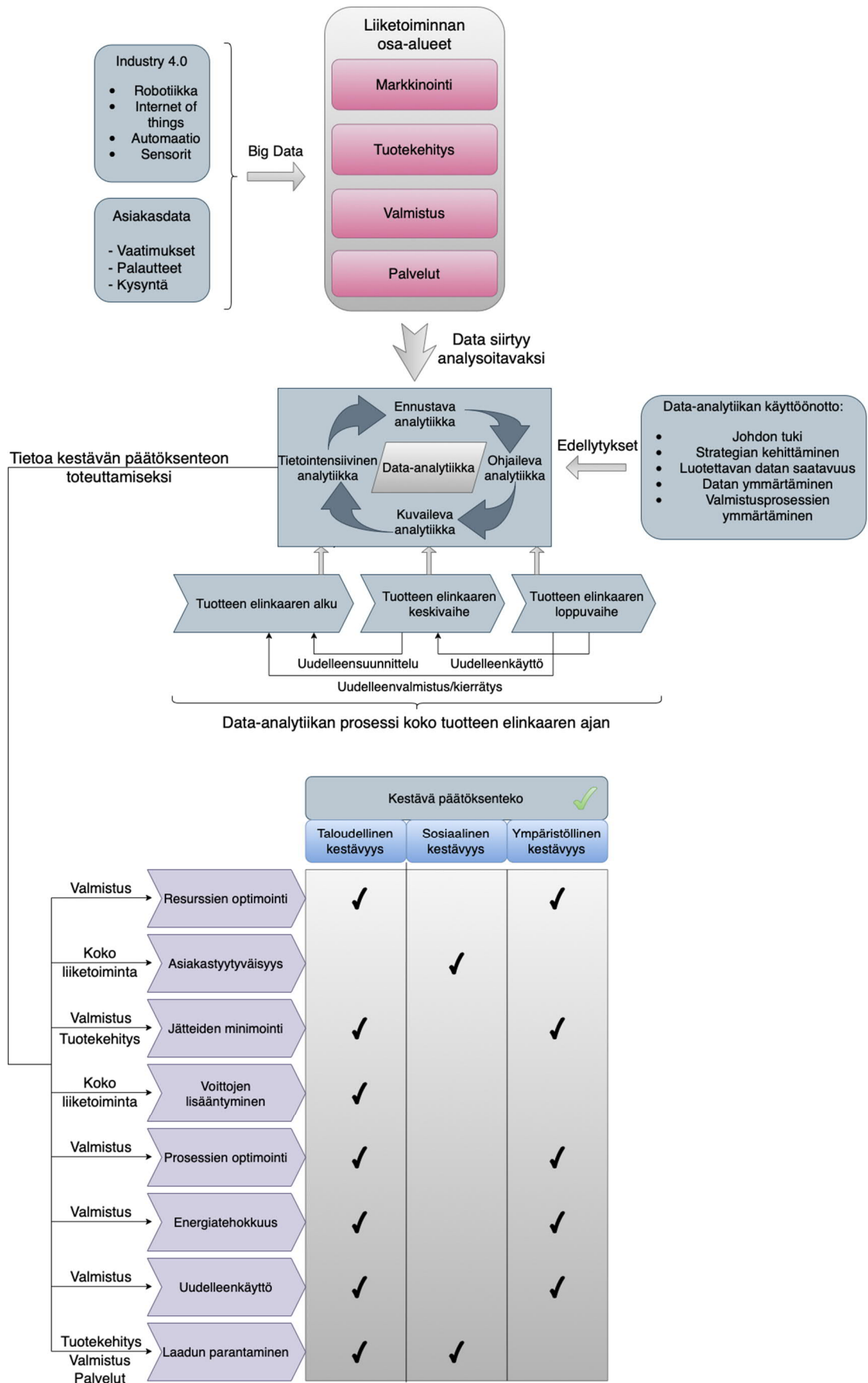
Viimeisenä alatutkimuskysymyksenä tässä tutkimuksessa oli: ”Mitä tietoa data-analytiikalla voidaan saavuttaa osana kestävää päätöksentekoa?”. Tutkimus osoitti, että big data -analytiikan hyödyntäminen mahdollistaa prosessien tehokkuuden sekä energiatehokkuuden, tuotteiden uusiokäytön, resurssien optimoinnin, jätteiden minimoinnin ja monia muita kestävään toimintaan liittyviä toimintoja. Big data -analytiikan avulla voidaan saada siis arvokasta tietoa edellä mainituista valmistusteollisuuden toiminnoista kestävän päätöksenteon kehittämiseksi. Johtopäätöksenä voidaan siis todeta big-data-analytiikan käyttöönottamisen olevan kannattavaa valmistusteollisuuden yrityksille, sillä sen hyödyntäminen luo merkittävää etua kestävän päätöksenteon ja toiminnan takaamiseksi. Tutkimus osoitti, että tärkeimpiä huomioon otettavia asioita data-analytiikan käyttöönottamisessa ovat etenkin ylimmän johdon tuki, valmiudet big datan käsittelemiseen sekä strategian kehittäminen data-analytiikkaa tukevaksi kokonaisuudeksi.

Merkittävimpanä sekä hieman yllättävänä tutkimustuloksena tässä tutkimuksessa on se, että data-analytiikalla voidaan vaikuttaa valmistusteollisuuden päätöksentekoon kestävyden kaikilla osa-alueilla. Vaikka useimmat tutkimukset keskittyvät pääasiallisesti kestävyden ympäristöllisiin tekijöihin valmistusteollisuuden kontekstissa, on tämän tutkimuksen perusteella osoitettavissa, että data-analytiikalla on mahdollista kehittää kestävyttä kolmiosaisena kokonaisuutena.

Ympäristöllisellä osa-alueella data-analytiikka tuo mahdollisuuden optimoida resurssien käyttöä sekä minimoida jätteitä ja päästöjä. Sosiaalisella kestävyden tasolla merkittävin

tulos oli data-analytiikan tuomat hyödyt asiakastarpeisiin vastaamisessa asiakastytyväisyyden lisäämiseksi. Taloudellisella tasolla data-analytiikka auttaa esimerkiksi prosessien optimoimisessa sekä materiaalien uudelleenkäyttämässä.

Tutkimuksen päätutkimuskysymyksenä oli ”Miten data-analytiikkaa voidaan hyödyntää valmistusteollisuudessa osana kestäväää päätöksentekoa?”. Vastaus kysymykseen tämän tutkimuksen perusteella on se, että data-analytiikkaa voidaan hyödyntää osana valmistusteollisuuden kestäväää päätöksentekoa muun muassa sensoreista, radiotaajuisista tunnistimista, asiakaspalautteista ja valmistusprosesseista saatavan datan analysoinnin avulla. Dataa saadaan useista lähteistä ja data-analytiikkaa voidaan hyödyntää monien eri valmistusteollisuuden sektoreiden, kuten esimerkiksi markkinoinnin, tuotekehityksen, valmistuksen sekä palvelusektorin toiminnan parantamiseksi. Valmistusteollisuuden eri toimintojen parantaminen johtaa esimerkiksi asiakastytyväisyyden parantamiseen, energiatehokkuuteen, prosessien optimointiin, resurssien optimointiin ja jätteiden minimointiin. Nämä data-analytiikasta saadut hyödyt johtavat tämän tutkimuksen perusteella kestävyuden kaikkien kolmen osa-alueen parempaan toteutumiseen.



Kuva 6. Viitekehys data-analytiikan hyödyntämiselle kestäväen päätöksenteon tukena valmistusteollisuudessa

Kuvassa 6 on esitelty tämän tutkimuksen perusteella tehty viitekehys data-analytiikan hyödyntämisestä kestävästä päätöksenteon tukena valmistusteollisuudessa. Data-analytiikalla on siis mahdollista edistää kestävyiden kaikkien osa-alueiden toteutumista.

6.2 Tutkimustulosten arviointi

Tämän tutkimuksen tulokset pohjautuvat hyvin tuoreeseen ja pääasiassa vertaisarvioituun tutkimusaineistoon, joten tutkimuksen tuloksia voidaan pitää luotettavina. Tutkimuksessa on kuitenkin rajattu määrä aineistoa, mikä voi johtaa hieman suppeampiin tutkimustuloksiin. Vaikka aineistoa on rajattu määrä, voidaan kuitenkin olettaa, ettei niistä saadut tulokset ole tämän tutkimuksen kannalta liian suppeita, sillä käytetyissä tutkimuksissa kirjoittajat ovat tehneet kirjallisuustutkimusta, data-analytiikan tutkimista käytännön toteutusten kautta tai laajaa suuriotoksista empiiristä tutkimusta. Hyvänä esimerkkinä Zhangin et al. (2017) tutkimus, joka sisältää sekä kirjallisuuskatsauksen että käytännön toteutuksen analytiikan hyödyntämisestä tietyn yrityksen toiminnassa. Suuriotoksisen empiirisen kyselytutkimuksen tekivät esimerkiksi Raut et al. (2019), jotka keräsivät datan tutkimustaan varten valmistusteollisuusyrityksistä 316 vastaajalta.

Tulokset ovat hyödyllisiä etenkin valmistusteollisuuden organisaatioiden johdoille, sillä tutkimus osoittaa kestävästä päätöksenteon ja data-analytiikan merkityksen sekä niiden yhteyden toisiinsa. Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat valmistusteollisuuden organisaatioiden johdoille, että data-analytiikan avulla tehostetun päätöksenteon avulla voidaan ottaa merkittäviä edistysaskelleita kohti kestävämpää valmistusta. Tutkimus osoittaa myös tyypilliset haasteet ja vaatimukset data-analytiikan käyttöönotossa, mikä auttaa valmistusteollisuuden yrityksiä ottamaan huomioon sekä selättämään kyseisiä haasteita data-analytiikan käyttöönoton suunnittelussa. Tutkimuksen perusteella valmistusteollisuuden yritykset saavat myös käsityksen siitä, mihin data-analytiikkaa käytetään valmistusteollisuudessa ja minkälaista dataa sitä hyödyntäessä analysoidaan kestävästä päätöksenteon kontekstissa. Tutkimus esittelee myös keskeisimpiä datalähteitä valmistusteollisuudessa, mikä auttaa organisaatiojohtoa esimerkiksi data-analytiikka-arkkitehtuurin rakentamisessa.

Tämän tutkimuksen tulokset voivat siis auttaa valmistusteollisuuden organisaatioiden johtoa saamaan käsityksen valmistusteollisuuden kestävästä päätöksenteosta sekä data-analytiikan käyttöönotosta ja hyödyntämisestä kestävyiden kontekstissa. Tutkimuksen tulokset ovat hyödyllisiä kestävästä toimintaa tavoitteleville valmistusteollisuuden organisaatioille, joilla on teknologisia valmiuksia suurien datamäärien sekä analytiikan hyödyntämiselle johtaen edelleen kestävästä päätöksenteon mahdollistamiseen.

6.3 Jatkotutkimusehdotukset

Tutkimuksen tulokset ja siinä käytetty aineisto osoittivat, että data-analytiikasta puhuttaessa valmistusteollisuuden kontekstissa tarkastellaan pitkälti big data -analytiikkaa, sillä valmistusteollisuudessa muodostuu valtavia määriä dataa monista erilaisista prosesseista. Tästä syystä jatkossa olisi syytä tutkia tarkemmin nimenomaisesti big dataan pohjautuvaa analytiikkaa ja etenkin siihen tarvittavia teknologioita, ohjelmistoja sekä teknistä big data -analytiikan suorittamista.

Toisaalta tässä tutkimuksessa sivutaan valmistusteollisuuden teknologista vallankumousta eli termiä industry 4.0. Tämä tutkimus rajautui kuitenkin tarkastelemaan tarkemmin vain siihen sisältyvää data-analytiikkaa, minkä seurauksena kyseisen kattotermin alle sisältyviä muita teknologioita ei tutkittu. Jatkotutkimusta ajatellen olisi hyvä tutkia muun muassa internet of thingsin, automaation ja robotiikan vaikutusta datan muodostumiseen valmistusteollisuuden prosesseissa. Data-analytiikan ja muiden industry 4.0 teknologioiden yhteyttä toisiinsa olisi syytä siis tutkia tarkemmin, jotta eri teknologioiden väliset riippuvuussuhteet voitaisiin löytää niiden tehokkaampaa hyödyntämistä varten. Kestävän päätöksenteon kontekstissa olisi syytä tutkia myös esimerkiksi muiden industry 4.0 teknologioiden vaikutusta kestävyden eri osa-alueisiin, sillä kyseiset teknologiat muodostavat lähes kaiken käytettävissä olevan datan valmistusteollisuudessa.

LÄHTEET

- Ahmed, M. & Pathan, A.-S.K. (2018). "Data Analytics: Concepts, Techniques, and Applications." Edited by M. Ahmed & A.-S.K. Pathan. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Ali-ud-din Khan, M., Uddin, M.F. & Gupta, N. (2014). "Seven V's of Big Data understanding Big Data to extract value," in *Proceedings of the 2014 Zone 1 Conference of the American Society for Engineering Education*. IEEE, pp. 1–5.
- Awan, U., Shamim, S., Khan, Z., Zia, N.U., Shariq, S.M. & Khan, M.N. (2021). "Big data analytics capability and decision-making: The role of data-driven insight on circular economy performance," *Technological forecasting & social change*, 168, p. 120766.
- Bag, S., Gupta, S. & Wood, L. (2020). "Big data analytics in sustainable humanitarian supply chain: barriers and their interactions," *Annals of operations research* [Preprint].
- Belhadi, A., Kamble, S.S., Zkik, K., Cherrafi, A. & Touriki, F.E. (2020). "The integrated effect of Big Data Analytics, Lean Six Sigma and Green Manufacturing on the environmental performance of manufacturing companies: The case of North Africa," *Journal of cleaner production*, 252, p. 119903.
- Belhadi, A., Zkik, K., Cherrafi, A., Yusof, S.M. & El fezazi, S. (2019). "Understanding Big Data Analytics for Manufacturing Processes: Insights from Literature Review and Multiple Case Studies," *Computers & industrial engineering*, 137, p. 106099.
- Bogue, R. (2014). "Sustainable manufacturing: a critical discipline for the twenty-first century," *Assembly automation*, 34(2), pp. 117–122.
- Duan, L. & DaXu, L. (2021). "Data Analytics in Industry 4.0: A Survey," *Information systems frontiers*, pp. 1–17.
- Fink, A. (2014). "Conducting research literature reviews: from the Internet to paper." Thousand Oaks (Calif.): Sage.
- Freddi, D. (2018). "Digitalisation and employment in manufacturing," *AI & society*, 33(3), p. 393.
- Ghasemaghaei, M. (2019). "Does data analytics use improve firm decision making quality? The role of knowledge sharing and data analytics competency," *Decision Support Systems*, 120, pp. 14–24.
- Gordon, Keith. (2013). "Principles of data fanagement: facilitating information sharing." Swindon: BCS Learning & Development Limited.
- Grover, V., Chiang, R.H.L., Liang, T.-P. & Zhang, D. (2018). "Creating Strategic Business Value from Big Data Analytics: A Research Framework," *Journal of management information systems*, 35(2), pp. 388–423.
- Hendiani, S., Liao, H., Bagherpour, M., Tvaronavičienė, M., Banaitis, A. & Antucheviciene, J. (2020). "Analyzing the Status of Sustainable Development in the Manufacturing Sector Using Multi-Expert Multi-Criteria Fuzzy Decision-Making and Integrated Triple Bottom Lines," *International journal of environmental research and public health*, 17(11), p. 3800.
- Jamwal, A., Agrawal, R., Sharma, M., Kumar, V. & Kumar, S. (2021). "Developing A sustainability framework for Industry 4.0," *Procedia CIRP*, 98, pp. 430–435.

Jugulum, Rajesh. (2014). "Competing with high quality data: concepts, tools, and techniques for building a successful approach to data quality." Edited by C. Wallace. Hoboken, New Jersey: Wiley.

Kalyvas, J.R. (2014). "Big Data." CRC Press.

Kozjek, D., Vrabič, R., Rihtaršič, B., Lavrač, N. & Butala, P. (2020). "Advancing manufacturing systems with big-data analytics: A conceptual framework," *International journal of computer integrated manufacturing*, 33(2), pp. 169–188.

Kumar, N., Kumar, G. & Singh, R.K. (2021). "Big data analytics application for sustainable manufacturing operations: analysis of strategic factors," *Clean technologies and environmental policy*, 23(3), pp. 965–989.

Kwon, O., Lee, N. & Shin, B. (2014). "Data quality management, data usage experience and acquisition intention of big data analytics," *International journal of information management*, 34(3), pp. 387–394.

Laihonen, H., Hannula, M., Helander, N., Ilvonen, I., Jussila, J., Kukko, M., Kärkkäinen, H., Lönnqvist, A., Myllärniemi, J., Pekkola, S., Virtanen, P., Vuori, V. & Yliniemi, T. (2013). "Tietojohdaminen." Tampereen teknillinen yliopisto, Tietojohdamisen tutkimuskeskus Novi.

Lau, L., Yang-Turner, F. & Karacapilidis, N. (2014). "Requirements for Big Data Analytics Supporting Decision Making: A Sensemaking Perspective," in *Mastering Data-Intensive Collaboration and Decision Making*. Cham: Springer International Publishing (Studies in Big Data), pp. 49–70.

Luque González, A., Coronado Martín, J.Á., Vaca-Tapia, A.C. & Rivas, F. (2021). "How Sustainability Is Defined: An Analysis of 100 Theoretical Approximations," *Mathematics (Basel)*, 9(11), p. 1308.

De Mauro, A., Greco, M. & Grimaldi, M. (2016). "A formal definition of Big Data based on its essential features," *Library review (Glasgow)*, 65(3), pp. 122–135.

McMaster, K., Rague, B., Wolthuis, S.L. & Sambasivam, S. (2018). "A Comparison of Key Concepts in Data Analytics and Data Science," *Information systems education journal*, 16(1), p. 33.

Meixell, M.J. & Luoma, P. (2015). "Stakeholder pressure in sustainable supply chain management: A systematic review," *International journal of physical distribution & logistics management*, 45(1–2), pp. 69–89.

Minkin, C.S.J. (2018). "PDI Workshop #96: Leveraging Data Analytics," *The Armed Forces comptroller*, 63(3), pp. 9–12.

Murray, A., Skene, K. & Haynes, K. (2017). "The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context," *Journal of business ethics*, 140(3), pp. 369–380.

O'Byrne, Serge. (2013). "Data security, data mining and data management technologies and challenges." Edited by Serge. O'Byrne. Hauppauge, N.Y: Nova Science Publishers, Inc. (Computer science, technology and applications).

Ochs, T. & Riemann, U. (2016). "Knowledge management as a service: When big data meets knowledge management," in *IoTBD 2016 - Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Big Data*, pp. 315–323.

Popovič, A., Hackney, R., Tassabehji, R. & Castelli, M. (2016). "The impact of big data analytics on firms' high value business performance," *Information systems frontiers*, 20(2), pp. 209–222.

- Raut, R.D., Mangla, S.K., Narwane, V.S., Gardas, B.B., Priyadarshinee, P. & Narkhede, B.E. (2019). "Linking big data analytics and operational sustainability practices for sustainable business management," *Journal of cleaner production*, 224, pp. 10–24.
- Ren, S., Zhang, Y., Liu, Y., Sakao, T., Huisingh, D. & Almeida, C.M.V.B. (2019). "A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: A framework, challenges and future research directions," *Journal of cleaner production*, 210, pp. 1343–1365.
- Russom, P. (2011). "Big Data Analytics," *TDWI best practices report*, 19(4), pp. 1–34.
- Santillo, D. (2007). "Reclaiming the Definition of Sustainability (7 pp)," *Environmental science and pollution research international*, 14(1), pp. 60–66.
- Sarangji, S. (2020). "Big data: a beginner's introduction." Edited by P. Sharma. Abingdon, Oxon; Routledge.
- Sebastian-Coleman, Laura. (2013). "Measuring data quality for ongoing improvement a data quality assessment framework." Waltham, Mass: Elsevier (The Morgan Kaufmann Series on Business Intelligence).
- Singh, N. (2020). "Developing Business Risk Resilience through Risk Management Infrastructure: The Moderating Role of Big Data Analytics," *Information systems management*, ahead-of-print(ahead-of-print), pp. 1–19.
- Strong, D., Lee, Y. & Wang, R. (1997). "Data Quality in Context," *Communications of the ACM*, 40(5), pp. 103–110.
- Tsai, C.-W., Lai, C.-F., Chao, H.-C. & Vasilakos, A. v (2015). "Big data analytics: a survey," *Journal of big data*, 2(1), pp. 1–32.
- Tseng, M.-L., Lim, M.K. & Wu, K.-J. (2019). "Improving the benefits and costs on sustainable supply chain finance under uncertainty," *International journal of production economics*, 218, pp. 308–321.
- Vrchota, J., Volek, T. & Novotná, M. (2019). "Factors Introducing Industry 4.0 to SMES," *Social sciences (Basel)*, 8(5), p. 130.
- Wamba, S.F., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S.J., Dubey, R. & Childe, S.J. (2017). "Big data analytics and firm performance: Effects of dynamic capabilities," *Journal of business research*, 70, pp. 356–365.
- Wang, J., Xu, C., Zhang, J. & Zhong, R. (2021). "Big data analytics for intelligent manufacturing systems: A review," *Journal of manufacturing systems* [Preprint].
- Waqas, M., Honggang, X., Ahmad, N., Khan, S.A.R. & Iqbal, M. (2021). "Big data analytics as a roadmap towards green innovation, competitive advantage and environmental performance," *Journal of cleaner production*, 323.
- Watson, H.J. (2014). "Tutorial: Big data analytics: Concepts, technologies, and applications," *Communications of the Association for Information Systems*, 34(1), pp. 1247–1268.
- 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*, 122, p. 103280.
- Zarte, M., Pechmann, A. & Nunes, I.L. (2019). "Decision support systems for sustainable manufacturing surrounding the product and production life cycle – A literature review," *Journal of cleaner production*, 219, pp. 336–349.

Zhang, H., Veltri, A., Calvo-Amodio, J. & Haapala, K.R. (2021). "Making the business case for sustainable manufacturing in small and medium-sized manufacturing enterprises: A systems decision making approach," *Journal of cleaner production*, 287.

Zhang, Y., Ren, S., Liu, Y. & Si, S. (2017). "A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products," *Journal of cleaner production*, 142(2), pp. 626–641.

LIITE A: TUTKIMUKSEN KESKEINEN AINEISTO

Taulukko 6. Keskeisin tutkimusaineisto

Tekijä	Aihealue
Awan et al. (2021)	Data-analytiikka ja kestävä toiminta/päätöksenteko valmistusteollisuudessa
Bag et al. (2021)	Data-analytiikka ja kestävä toiminta/päätöksenteko valmistusteollisuudessa
Belhadi et al. (2019)	Data-analytiikka valmistusteollisuudessa
Belhadi et al. (2020)	Data-analytiikka ja kestävä toiminta/päätöksenteko valmistusteollisuudessa
Bogue (2014)	Kestävyys valmistusteollisuudessa
Hendiani et al. (2020)	Kestävyys valmistusteollisuudessa
Jamwal et al. (2021)	Industry 4.0 ja kestävyys
Kozjek et al. (2020)	Data-analytiikka valmistusteollisuudessa
Kumar et al. (2021)	Data-analytiikka ja kestävä toiminta/päätöksenteko valmistusteollisuudessa
Murray et al. (2017)	Kestävyys valmistusteollisuudessa
Raut et al. (2019)	Data-analytiikka ja kestävä toiminta/päätöksenteko valmistusteollisuudessa

Ren et al. (2019)	Data-analytiikka ja kestävä toiminta/päätöksenteko valmistusteollisuudessa
Tseng et al. (2019)	Kestävyys valmistusteollisuudessa
Wang et al. (2021)	Data-analytiikka valmistusteollisuudessa
Waqas et al. (2021)	Data-analytiikka ja kestävä toiminta/päätöksenteko valmistusteollisuudessa
Yadav et al. (2020)	Industry 4.0 ja kestävyys
Zarte et al. (2019)	Kestävyys valmistusteollisuudessa
Zhang et al. (2017)	Data-analytiikka ja kestävä toiminta/päätöksenteko
Zhang et al. (2021)	Kestävyys valmistusteollisuudessa