

Katri Salminen

# TOIMITUSKETJUN RESILIENSSIN PARANTAMINEN DIGITAALISTEN TEKNOLOGIOIDEN AVULLA

Kandidaatintyö  
Johtamisen ja talouden tiedekunta  
Tarkastaja: Ulla Saari  
Toukokuu 2022

# TIIVISTELMÄ

Katri Salminen: Toimitusketjun resilienssin parantaminen digitaalisten teknologioiden avulla  
(Enhancement of supply chain resilience through digital technologies)

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Teknis-taloudellinen tutkinto-ohjelma, TkK

Toukokuu 2022

---

Toimitusketjuja uhkaavat erilaiset tapahtumat nykyisessä yhä dynaamisessa ja globaalimassassa maailmassa. Nämä riskitapahtumat voivat toteutuessaan aiheuttaa merkittäviä taloudellisia ja operationaalisia vaikutuksia. Toimitusketjujen tulisi varautua erilaisiin häiriötilanteisiin, jotta niiden toiminnan jatkuvuus voidaan taata. Tässä työssä tutkitaan toimitusketjun resilienssiä sekä esineiden internetiä (engl. internet of things, IoT) ja big data -analytiikkaa toimitusketjun resilienssin näkökulmasta. Työn tavoite on selvittää, mitä toimitusketjun resilienssi tarkoittaa, minkälaisista tekijöistä se koostuu sekä miten IoT ja big data -analytiikka pyrkivät vaikuttamaan toimitusketjujen resilienssiin.

Tämä työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Työn aineisto koostuu englanninkielisistä vertaisarvioituista artikkeleista, joiden julkaisukanavan luotettavuus on tarkistettu Julkaisufoorumin luokituksia hyödyntäen. Pääasiallisena tietokantana työssä on käytetty Scopusta.

Toimitusketjun resilienssi on moniulotteinen käsite, jolle ei kirjallisuudesta löydy yksiselitteistä määritelmää. Tässä työssä toimitusketjun resilienssille esitetään kirjallisuuden pohjalta kokoava määritelmä, jonka mukaan se on toimitusketjun kyky olla varautunut häiriöiden varalta, reagoida häiriöihin nopeasti ja tehokkaasti ja toipua niistä kustannustehokkaasti tai parhaimmillaan kasvaa siten, että toimitusketju on häiriön jälkeen paremmassa tilassa kuin ennen häiriötä. Tutkimuksessa tunnistettiin toimitusketjun resilienssin tärkeimmiksi tekijöiksi yhteistyö, ketteruus, näkyvyys ja joustavuus.

Tutkimus osoittaa, että IoT:llä ja big data -analytiikalla on potentiaalia parantaa toimitusketjun resilienssiä. Niiden nähdään parantavan erityisesti toimitusketjun näkyvyyttä reaaliaikaisen datan avulla. Reaaliaikainen ja täsmällisempi data auttaa häiriöiden ennustamisessa ja poikkeuksien havaitsemisessa, mikä mahdollistaa oikea-aikaisemman ja tehokkaamman reagoinnin häiriötilanteisiin ja parantaa siten resilienssiä. Nämä teknologiat mahdollistavat samalla tehokkaamman päätöksenteon ja parantavat toimitusketjun suorituskykyä, mikä vuorostaan voi johtaa kilpailuedun saavuttamiseen. Tutkimuksessa tunnistettiin kuitenkin jatkotutkimustarve etenkin IoT:n vaikutuksesta toimitusketjun resilienssiin, sillä tästä näkökulmasta löytyy vielä toistaiseksi hyvin rajoitetusti tutkimusta.

Avainsanat: toimitusketjun resilienssi, esineiden internet, IoT, big data, big data -analytiikka

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# ALKUSANAT

Kandidaatintyön aihetta valitessani minulle oli selvää, että aiheeni tulee liittymään jotenkin toimitusketjun hallintaan. Kandidaatintyön seminaarikurssilla jaetusta aihelistasta mielenkiintoni herätti erityisesti kaksi aihetta, joista toinen liittyi toimitusketjun häiriöalttiuteen ja toinen toimitusketjun hallinnassa käytettyihin digitaalisiin teknologioihin. Kandidaatintyön ohjaajani Aki Jääskeläinen ehdottikin näiden aiheiden yhdistämistä ja lopulta työni rajoittui käsittelemään toimitusketjun resilienssiä sekä IoT:tä ja big data -analytiikkaa.

Itse kandidaatintyön kirjoitusprosessi osoittautui haastavaksi. Työn tekemistä ei helpottanut se, etten itse tiennyt ennen työn aloittamista, mitä esineiden internet oikeastaan tarkoittaa ja ymmärrykseni big data -analytiikasta oli myös todella vähäistä. Työn edessä huomasin, ettei näitä teknologioita ole vielä hirveästi tutkittu toimitusketjun resilienssin näkökulmasta, mikä toi vielä lisähaastetta ennestään jo haastavalta tuntuvaan aiheeseen. Pääsinkin haastamaan itseäni kandidaatin varrella kunnolla, mutta koen oppineeni myös paljon.

Lämmin kiitos Ulla Saarelle ymmärryksestä ja hyvistä vinkeistä kandidaatin aikana. Kiitokset myös ohjaajalleni Aki Jääskeläiselle asiantuntijuudesta sekä hyvistä näkemyksistä ja kehitysideoista kandidaatin parantamiseksi. Lopuksi haluan esittää erityiskiitoksen perheelleni ja ystäväilleni, jotka uskoivat minuun epätoivonkin hetkillä. Kiitos, että jaksoitte kuunnella ja tsemppata koko kandidaatin ajan!

Jyväskylässä, 13.5.2022

Katri Salminen

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
1.1 Työn tausta .....	1
1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset .....	2
1.3 Tutkimusmetodologia ja työn rakenne .....	2
2. ESINEIDEN INTERNET JA BIG DATA -ANALYTIikka .....	5
2.1 Esineiden internet .....	5
2.1.1 Teknologiat esineiden internetin taustalla .....	5
2.1.2 Esineiden internetin arkkitehtuuri .....	6
2.2 Big data .....	7
2.2.1 Big datan ominaisuudet .....	7
2.2.2 Big data -analytiikka .....	8
3. RESILIENSSI TOIMITUSKETJUSSA .....	10
3.1 Resilientin toimitusketjun määritelmä .....	10
3.2 Resilienssin vaiheet .....	12
3.3 Toimitusketjun resilienssin tekijät .....	13
3.3.1 Yhteistyö .....	14
3.3.2 Ketteryyys .....	15
3.3.3 Näkyvyys .....	16
3.3.4 Nopeus .....	16
3.3.5 Joustavuus ja redundanssi .....	17
3.3.6 Toimitusketjun (uudelleen)suunnittelu .....	18
3.3.7 Riskienhallintakulttuuri / riskitietoisuus .....	18
4. ESINEIDEN INTERNETIN JA BIG DATA -ANALYTIIKAN VAIKUTUS TOIMITUSKETJUN RESILIENSSIIN .....	20
5. PÄÄTELMÄT .....	25
LÄHTEET .....	28
LIITE A: TOIMITUSKETJUN RESILIENSSIN TEKIJÄT	

# LYHENTEET JA MERKINNÄT

BDA	engl. Big Data Analytics, big data -analytiikka
IoT	engl. Internet of Things, esineiden internet
RFID	engl. Radio Frequency IDentification, radiotaajuinen etätunnistus
WSN	engl. Wireless Sensor Networks, langattomat sensoriverkot

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Covid-19-pandemia on haastanut toimitusketjuja ennennäkemättömällä tavalla. Toimitusketjujen hallintaa tuleekin miettiä uusista strategisista näkökulmista, jotta ne kestäisivät paremmin yhtäkkisiä tilanteita. (Frederico, 2021) Tämä tarkoittaa, että yritysten tulisi kiinnittää huomiota toimitusketjujen resilienssiin. Toimitusketjun resilienssillä tarkoitetaan, että toimitusketju on suunniteltu olemaan valmis häiriötilanteita varten, vastaamaan niihin tehokkaasti ja toipumaan joko alkuperäiseen tai jopa sitä parempaan tilaan häiriön jälkeen (Ponomarov & Holcomb, 2009). Häiriöriskejä ovat sekä luonnonkatastrofit että ihmisen aiheuttamat uhat, kuten terrorismi ja työlakot (Hosseini et al., 2019). Häiriötilanteet voivat liittyä myös esimerkiksi kriittisen toimittajan menettämiseen tai suureen tulipaloon tehtaalla (Ponomarov & Holcomb, 2009).

Teollisuus 4.0:n teknologiat voivat vaikuttaa merkittävästi resilientimpien, tehokkaampien ja nopeammin häiriötilanteisiin reagoivien toimitusketjujen rakentamiseen (Frederico, 2021; Tortorella et al., 2021). Nämä teknologiat ovatkin viime aikoina haastaneet ja muuttaneet perinteisiä liiketoimintoja, mutta myös helpottaneet odottamattomista häiriöistä selviytymistä. Teollisuus 4.0:n sisältämillä teknologioilla ei ole olemassa yksiselitteistä määritelmää, mutta niiden voidaan nähdä sisältävän esineiden internetin (Internet of Things, IoT), big data -analytiikan (BDA), lohkoketjun (blockchain), pilvilaskennan (cloud computing), robotit, älysensorit ja 3D-tulostuksen. (Ali et al., 2021) Näiden teknologioiden vuoksi toimitusketjut ovat yhä enenevässä määrin yhteydessä liikekumppaneihin, edistävät yhteistyötä, levittävät innovaatioita, mahdollistavat tietoperäisen päätöksenteon ja seuraavat toimitusketjuja reaaliaikaisesti (Hopkins, 2021).

Tortorella et al. (2021) tutkivat kirjallisuuskatsauksessaan, miten teollisuus 4.0:n yhdistäminen toimitusketjuihin parantaa toimitusketjujen resilienssiä. Heidän mukaansa tämä muutos on vielä alkutekijöissään, eikä kirjallisuutta resilienssin näkökulmasta ole vielä paljoa. He kuitenkin tunnistivat kaksitoista teknologiaa, joilla oli positiivinen vaikutus toimitusketjun resilienssiin. Näistä teknologioista IoT ja big data -analytiikka olivat relevantimmat teknologiat toimitusketjujen resilienssin parantamisen näkökulmasta. (Tortorella et al., 2021) Hosseinin et al. (2019) mukaan resilientistä toimitusketjusta on tullut viime vuosikymmenen aikana nopeasti kasvava tutkimusalue. Tortorellan et al. (2021) sekä

Spiesken ja Birkelin (2021) kirjallisuuskatsaukset aiheesta vahvistavat tämän toteamalla, että suurin osa aiheeseen liittyvistä julkaisuista on julkaistu vuoden 2019 jälkeen. Tästä voidaankin päätellä, että aihe on ajankohtainen ja jo reilussa vuodessa on voitu ehtiä julkaista lisää uusia relevantteja julkaisuja aiheesta.

## 1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tässä kandidaatintyössä tavoitteena on kirjallisuuden avulla ensiksi määritellä resilientin toimitusketjun käsite ja sen tärkeimmät tekijät, minkä jälkeen selvitetään, miten esineiden internet (IoT) ja big data -analytiikka vaikuttavat toimitusketjun resilienssiin. Tarkoituksena on siis tutkia, mitä vaikutuksia näillä teknologioilla on esimerkiksi siihen, miten nopeasti toimitusketjuissa pystytään reagoimaan odottamattomiin häiriötilanteisiin. Tämän kandidaatintyön tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- 1) Mikä on resilientti toimitusketju ja minkälaisista tekijöistä se koostuu?
- 2) Kuinka IoT:n ja big data -analytiikan avulla yritetään parantaa toimitusketjun resilienssiä?

Työssä rajaudutaan juuri näihin kahteen teknologiaan, sillä Tortorellan et al. (2021) mukaan IoT ja big data -analytiikka ovat keskeisimpiä teknologioita toimitusketjun resilienssin parantamisen näkökulmasta. Toisaalta Spiesken ja Birkelin (2021) kirjallisuuskatsauksen tuloksena muut teollisuus 4.0:n teknologiat big data -analytiikkaa lukuun ottamatta vaatisivat vielä lisää todisteita vaikuttavuudestaan toimitusketjujen resilienssiin. Tästä syystä onkin mielenkiintoista tutkia, miten big data -analytiikka vaikuttaa toimitusketjujen resilienssiin ja onko IoT:n vaikuttavuudesta toimitusketjun resilienssiin julkaistu lisää tutkimusta.

Tässä työssä ei ole mahdollista löytää lopullisia vastauksia tutkimuskysymyksiin, sillä resilientin toimitusketjun käsite on monimutkainen, eikä kirjallisuudessa ole yksimielisyyttä sen tärkeimmistä tekijöistä. Lisäksi teknologioita ei ole vielä tutkittu tästä näkökulmasta tarpeeksi ja ne myös kehittyvät koko ajan. Myöskin toimitusketjujen tarpeet muokkaantuvat teknologioiden kehittyessä. Tarkoituksena onkin tunnistaa kirjallisuuden pohjalta tärkeimmät resilientin toimitusketjun tekijät ja esittää tämänhetkisen käsityksen mukainen vastaus toiseen tutkimuskysymykseen. Täten voidaan esittää mahdollisesti hyödyllisiä suuntaviivoja toimitusketjujen digitalisointiin resilienssi huomioon ottaen.

## 1.3 Tutkimusmetodologia ja työn rakenne

Tämä kandidaatintyö toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Työn lähdeaineisto koostuu vertaisarvioituista artikkeleista, joita on haettu Tampereen yliopiston tarjoamista

tietokannoista. Pääasiallisena tietokantana on käytetty Scopusta, mutta myös Science-Directiä, Web of Sciencea ja Tampereen yliopiston kirjaston omaa hakupalvelua, Andoria, on hyödynnetty tiedonhaussa. Artikkelien luotettavuutta on arvioitu Julkaisufoorumin luokitusten ja viittausmäärien avulla.

Tiedonhaku alkoi suunnittelulla. Kun tutkimusaihe ja tutkimuskysymykset olivat selkiytyneet, hahmoteltiin ensiksi tutkimukseen liittyviä keskeisiä käsitteitä. Näitä käsitteitä yhdistettiin Boolean operaattorien AND ja OR avulla hakulausekkeiksi. Aluksi relevantteja julkaisuja löytyi seuraavalla hakulausekkeella: ("supply chain" AND (resilien\* OR disrupt\*)) AND ("smart supply chain" OR "Industry 4.0" OR digit\*). Tutkimuksen edetessä rajauduttiin IoT:seen ja big data -analytiikkaan, mikä mahdollisti hakulausekkeiden tämentämisen. Tärkeimmät hakulausekkeet ja niillä saatujen hakutulosten määrät ovat koottu taulukkoon 1.

**Taulukko 1:** Tärkeimmät hakulausekkeet, rajaukset ja hakutulosten määrä Scopus-tietokannassa.

Hakulauseke	Rajaukset	Hakutulokset
"supply chain" AND resilien*	TITLE	944
"supply chain" AND resilien* AND (elements OR properties OR antecedents OR principles OR competencies OR capabilities OR enhancer)	TITLE- ABS-KEY	755
(IoT OR "internet of things") AND "supply chain" AND resilien*	TITLE	2
(IoT OR "internet of things") AND "supply chain" AND resilien*	TITLE- ABS-KEY	70
("IoT" OR "internet of things") AND "supply chain" AND (agility OR collaboration OR visibility OR flexibility OR velocity OR redundancy)	TITLE	11
("IoT" OR "internet of things") AND "supply chain"	TITLE	361
"big data" AND "supply chain" AND resilien*	TITLE	10
"big data" AND "supply chain" AND resilien*	TITLE- ABS-KEY	73
"big data" AND "supply chain" AND (agility OR collaboration OR visibility OR flexibility OR velocity OR redundancy)	TITLE- ABS-KEY	230
"big data" AND "supply chain" AND (agility OR collaboration OR visibility OR flexibility OR velocity OR redundancy)	TITLE	16

Taulukosta 1 nähdään, että kaksi ensimmäistä hakulauseketta koskien toimitusketjun resilienssiä tuottivat suuren määrän tuloksia. Näiden kohdalla hakutulokset järjestettiin viittausmäärien mukaan suurimmasta pienimpään, jolloin löydettiin nopeasti toimitusketjun resilienssin perusteokset, joihin huomattiin myöhemmin useiden kirjoittajien viittavan omassa töissään. Samaa periaatetta sovellettiin myös big data -analytiikan ja IoT:n teoriaosuuksien lähteitä etsittäessä. Nämä artikkelit loivat teoriaperustan työlle, mitä täydennettiin vielä uudemmilla lähteillä. Joitakin artikkeleita valittiin työhön myös niin



sanottua helmenkasvatusmenetelmää hyödyntäen. Tämä tarkoittaa, että uusia lähteitä löydettiin keskeisten artikkelien lähteitä tutkimalla.

Taulukosta 1 voidaan huomata myös, ettei IoT:tä ja big dataa ole tutkittu vielä kovinkaan paljoa suoraan toimitusketjun resilienssin näkökulmasta. Vaikka otsikosta, tiivistelmästä ja avainsanoista etsittäessä hakutuloksia oli 70, keskittyi suurin osa tuloksista johonkin toiseen teknologiaan, kuten lohkoketjuihin, tai tiettyyn toimitusketjuun, kuten elintarvikeketjuun. Tämän takia etenkin IoT:n kohdalla, jouduttiin etsimään lähteitä myös toimitusketjun hallinnan näkökulmasta ja pyrkiä tunnistamaan näistä lähteistä yhtäläisyyksiä toimitusketjun resilienssin tekijöiden kanssa.

Kaikkien artikkelien kohdalla niiden relevanttiutta tutkimuskysymysten näkökulmasta arvioitiin ensiksi otsikon, tiivistelmän ja päätelmien perusteella. Tämän jälkeen journalin luotettavuus tarkistettiin Julkaisufoorumin luokitusten avulla. Kriteerinä artikkelin hyväksymiselle oli, että journalin Julkaisufoorumin luokituksen taso on vähintään 1.

Johdannon jälkeen toisessa luvussa esitellään työn kannalta oleelliset digitaaliset teknologiat, IoT ja big data -analytiikka. Kolmannessa luvussa perehdytään toimitusketjun resilienssin käsitteeseen, minkä jälkeen luodaan katsaus toimitusketjun tärkeimpiin tekijöihin. Neljännessä luvussa yhdistetään nämä käsitteet ja tarkastellaan IoT:n ja big data -analytiikan vaikutuksia toimitusketjujen resilienssiin. Viidennessä luvussa kootaan yhteen tuloksia ja esitetään niiden pohjalta päätelmiä. Lisäksi viidennessä luvussa tuodaan esille työn rajoitukset ja jatkotutkimustarpeet.

## 2. ESINEIDEN INTERNET JA BIG DATA -ANALYTIikka

### 2.1 Esineiden internet

Esineiden internet on käänös englannin kielen sanoista "Internet of Things", joka voidaan lyhentää IoT:ksi. IoT pyrkii yhdistämään erilaiset havainnointi-, tunnistamis-, käsittely- ja viestintäominaisuuksilla varustellut esineet verkkojen välityksellä (Xu et al., 2014). Al-Fuqahan et al. (2015) mukaan IoT:n avulla fyysiset laitteet pystyvät näkemään, kuulemaan, ajattelemaan ja tekemään töitä, sillä IoT mahdollistaa näiden laitteiden välisen kommunikoinnin, informaation jaon ja päätöksenteon. Perusidea IoT:ssä on se, että älykkäät anturit tekevät yhteistyötä ilman, että ihminen osallistuu siihen. (Al-Fuqaha et al., 2015)

Ben-Daya et al. (2019) määrittelevät IoT:n toimitusketjujen näkökulmasta fyysisten esineiden verkostoksi, jossa nämä esineet ovat digitaalisesti yhteydessä voidakseen havaita, valvoa ja vuorovaikuttaa niin yrityksen sisäisesti kuin toimitusketjun muiden yritysten välillä, mikä mahdollistaa ketteryyden, näkyvyyden, seurannan ja informaation jaon, jotta toimitusketjun toimintoja voitaisiin suunnitella, valvoa ja koordinoida oikea-aikaisesti. Määritelmästä on havaittavissa neljä tärkeää ominaisuutta IoT:n hyödyntämiselle toimitusketjujen kontekstissa. Ensinnäkin fyysisten esineiden tulee olla digitaalisesti kytkettävissä toisiinsa. Toisekseen tämä kytkettyneisyys on ennakoivaa, mikä mahdollistaa tietojen taltioinnin, analysoinnin ja jakamisen. Kolmanneksi kommunikaatio kattaa kaikki toimitusketjun tärkeimmät prosessit niin organisaation sisällä kuin organisaatioiden välillä. Neljänneksi IoT helpottaa toimitusketjun prosessien suunnittelua, valvontaa ja koordinaointia. (Ben-Daya et al., 2019)

#### 2.1.1 Teknologiat esineiden internetin taustalla

IoT hyödyntää useita teknologioita. Lee ja Lee (2015) tunnistivat viisi teknologiaa, joita on hyödynnetty laajasti menestyneissä IoT:seen perustuvissa laitteissa ja palveluissa. Nämä teknologiat ovat radiotaajuinen etätunnistus (engl. radio frequency identification, RFID), langattomat sensoriverkot (engl. wireless sensor networks, WSN), väliohjelmisto (engl. middleware), pilvilaskenta ja IoT-sovellusohjelmisto (Lee & Lee, 2015). IoT perustuu kuitenkin RFID:seen ja WSN:ään (Xu et al., 2014). RFID mahdollistaa automaattisen tunnistamisen ja tiedonkeruun radioaaltojen, RFID-tunnisteen ja -lukijan avulla (Lee & Lee, 2015). RFID mahdollistaa mikrosirujen tunnistetietojen siirtämisen lukijalle

langattoman viestinnän avulla (Xu et al., 2014), mikä mahdollistaa esineiden tunnistamisen ja seuraamisen langattomasti (Lin et al., 2017). WSN käyttää älykkäitä sensoreita aistimiseen ja valvomiseen (Xu et al., 2014). Näiden lisäksi IoT voi hyödyntää muun muassa viivakoodeja ja erilaisia langattomia viestintäteknologioita kuten ZigBee:tä (Lin et al., 2017).

Al-Fuqahan et al. (2015) mukaan IoT perustuu RFID-teknologiaan, älykkäisiin antureihin, viestintäteknologioihin sekä IP:siin (engl. internet protocol). IoT rakentuu kuudesta perusosasta, jotka ovat tunnistaminen, havaitseminen, viestintä, laskenta, palvelut ja semantiikka. Näitä tarvitaan IoT:n toiminnallisuuksien toteuttamiseen. Sementtiikalla tarkoitetaan IoT:n kontekstissa kykyä saada tietoa eri koneiden avulla tarvittavien palveluiden tarjoamiseksi. (Al-Fuqaha et al., 2015) IoT:n sanotaan olleen teollisuus 4.0:n mahdollistaja, mikä johti neljänteen teolliseen vallankumoukseen. Teollisuus 4.0:n näkökulmasta IoT:n lisäksi tarvitaan kyberfyyysisiä järjestelmiä (engl. cyber-physical systems, CPS) ja pilvivalmistusta (engl. cloud manufacturing, CM). IoT tarjoaa alustan kyberfyyysisten järjestelmien yhdistämiseen. IoT:n alustat taas käyttävät yleensä pilvilaskentaa, mikä johti pilvituotannon kehittymiseen. (Ben-Daya et al., 2019)

### **2.1.2 Esineiden internetin arkkitehtuuri**

IoT voidaan nähdä koostuvan erilaisista kerroksista. IoT voidaan jakaa näihin kerroksiin eri tavoin ja näitä niin sanottuja kerrosjaotteluja kutsutaan IoT:n arkkitehtuuriksi. Esimerkiksi Xu et al. (2014) mukaan IoT koostuu neljästä kerroksesta. Sen sijaan Al-Fuqaha et al. (2015) tarkastelevat työssään IoT:n arkkitehtuuria, jossa IoT on jaettu viiteen kerrokseen. Näidenkin neli- ja viisikerroksisten arkkitehtuurien taustalla on kolmikerroksinen arkkitehtuuri, joka on tämän työn kannalta riittävän yksityiskohtainen.

Kolmivaiheinen arkkitehtuuri sisältää havainnointi-, verkko- ja sovelluskerroksen (Lin et al., 2017). Havainnointikerrokseen kuuluvat IoT:n fyysiset laitteet, kuten RFID, anturit ja toimilaitteet, joilla voidaan havainnoida ympäristöä sekä kerätä ja käsitellä dataa (Xu et al., 2014; Al-Fuqaha et al., 2015; Lin et al., 2017). IoT:n luoma big data syntyy tässä kerroksessa (Al-Fuqaha et al., 2015). Verkkokerros vastaanottaa käsitellyn informaation havainnointikerrokselta ja siirtää tämän datan ja informaation IoT-laitteille ja -sovelluksille verkkojen välityksellä. Se siis yhdistää IoT:n laitteet ja viestintäteknologiat mahdollistaen informaationjaon langattoman verkon tai kaapeliverkon kautta. (Xu et al., 2014; Lin et al., 2017) Sovelluskerros vastaanottaa verkkokerroksen siirtämän datan ja käyttää sitä palveluiden ja toimintojen tuottamiseen (Lin et al., 2017). Sovelluskerroksen avulla voidaan tehdä muun muassa liiketoimintamalleja, kuvaajia ja vuokaavioita. Myös

päätöksenteon prosessien tukeminen on mahdollista big data -analytiikan avulla. (Al-Fuqaha et al., 2015)

## 2.2 Big data

Big dataa syntyy, kun suuri määrä fyysisiä kohteita, kuten ihmisiä, kasveja, älypuhelimia ja tietokoneita, yhdistetään internetiin (Al-Fuqaha et al., 2015). Internetin nopean kehittymisen seurauksena informaatiota tuotetaan ja kerätään nykyään niin paljon, että tavanomaiset tiedon prosessointi ja analysointitavat eivät pysty käsittelemään niin isoa tietomäärää tarpeeksi nopeasti (Al-Fuqaha et al., 2015; Gandomi & Haider, 2015; Witkowski, 2017; Gupta & Rani, 2019). Big data -teknologia mahdollistaa näiden valtaviin tietomäärien nopean ja tehokkaan käytön ja hallinnan. Big datan avulla on mahdollista erottaa tärkeä tieto vähemmän tärkeästä, mikä auttaa johtopäätösten teossa ja auttaa tiedon tehokkaassa jakamisessa. (Witkowski, 2017) Liiketoiminnan kannalta big data on tärkeää, sillä sen mahdollistaman analytiikan ja siitä saatavan tiedon avulla voidaan saavuttaa kilpailuetua (Al-Fuqaha et al., 2015).

Kirjallisuudessa big dataa ja big data -analytiikkaa käytetään välillä sekaisin. Guptan ja Ranin (2019) mukaan big datalla tarkoitetaan suuria tietomassoja, jotka edellyttävät tiedon hankintaan, tallentamiseen, hallintaan, analysointiin ja visualisointiin perinteisistä poikkeavia ratkaisuja, jotta tiedosta voitaisiin saada hyödyllisiä näkemyksiä. He viittaavat big datalla siis valtavaan tietomäärään, kun taas esimerkiksi Witkowskin (2017) mukaan big data tarkoittaa teknologiaa, jonka avulla voidaan analysoida valtavaa tietomäärää. Fosso Wamba et al. (2015) sen sijaan määrittelevät big datan kokonaisvaltaiseksi lähestymistavaksi hallita, käsitellä ja analysoida big dataa, jotta saadaan käytännöllisiä näkemyksiä, joiden avulla voidaan tuottaa pysyvää arvoa, mitata suorituskykyä ja luoda kilpailuetua. Fosso Wamban et al. (2015) ja Witkowskin (2017) määritelmät ovat itse asiassa lähempänä big data -analytiikkaa, sillä siihen sisältyy datan analysointi, jonka avulla saadaan luotua tietämystä suuresta tietomäärästä. Big datan voidaan siis nähdä tarkoittavan suurta tietomassaa, teknologioita big datan taustalla, big data -analytiikkaa tai kaikkia näitä. Tässä työssä big datalla tarkoitetaan suuria tietomassoja (Gupta & Rani, 2019) ja kykyä prosessoida tätä tietomassaa (Wang et al., 2016), kun taas big data -analytiikka on se prosessi, jonka avulla tästä tietomassasta luodaan hyödyllistä informaatiota esimerkiksi päätöksenteon tueksi (Ivanov et al., 2019).

### 2.2.1 Big datan ominaisuudet

Big dataa syntyy useista eri lähteistä ja sitä voidaan kuvailla usean eri ominaisuuden avulla (Gupta & Rani, 2019). Datan määrä (engl. volume), nopeus (engl. velocity) ja

moninaisuus (engl. variety) ovat big datan tärkeimmät ominaisuudet, joita kutsutaan myös big datan kolmeksi V:ksi (Ghasemaghahi, 2021). Määrällä tarkoitetaan tiedon suuruutta (Gandomi & Haider, 2015) tai tarkemmin organisaatioiden päätöksenteon tueksi keräämän tietomassan kokoa (Gupta & Rani, 2019). Tiedon määrän kasvunopeus kasvaa koko ajan. Nopeus tarkoittaa tiedon luonti-, käsittely-, analysointi- ja visualisointitah-  
tia. (Gupta & Rani, 2019) Moninaisuudella taas tarkoitetaan tietomassan tietotyyppien heterogeenisyyttä (Gandomi & Haider, 2015; Gupta & Rani, 2019).

Näiden lisäksi big datan ominaisuuksina voidaan nähdä totuudenmukaisuus (engl. veracity) ja arvo (engl. value) (Fosso Wamba et al., 2015; Gupta & Rani, 2019; Aryal et al., 2020) sekä vaihtelevuus (engl. variability) ja validius (engl. validity) (Gupta & Rani, 2019). Totuudenmukaisuus kuvaa tiedon täydellisyyttä, paikkansapitävyyttä ja laatua (Gupta & Rani, 2019). Jotkin tietolähteet ovat ominaisesti epäluotettavia. Esimerkiksi asiakkaiden mielipiteet sosiaalisessa mediassa ovat epämääräisiä, mutta ne sisältävät silti arvokasta tietoa. (Gandomi & Haider, 2015) Arvolla viitataan tiedon liiketoiminnalliseen arvoon. Se kuvaa niitä hyötyjä, joita organisaatiot saavat, kun he hyödyntävät tietoja ja muuttavat ne toimiksi, jotka eivät olisi olleet mahdollisia aiemmin. (Gupta & Rani, 2019; Aryal et al., 2020) Alkuperäisessä muodossa olevalla datalla on yleensä alhainen arvo sen määrään verrattuna, mutta kun suuri määrä tällaista dataa analysoidaan, voidaan saavuttaa korkea arvo (Gandomi & Haider, 2015). Vaihtelevuudella tarkoitetaan esimerkiksi datan muodon tai rakenteen muuttumista tietyn ajanjakson aikana. Validiudella tarkoitetaan datan oikeellisuutta sen käyttötarkoituksen suhteen. Data-analytiikan hyödyt riippuvat tiedon oikeellisuudesta. (Gupta & Rani, 2019)

Big dataa on kolmenlaista muotoa. Data voi olla strukturoitua, semi-strukturoitua tai strukturoimatonta. Teknologian edistyminen mahdollistaa näiden kaikkien datamuotojen hyödyntämisen. Strukturoidulla datalla tarkoitetaan taulukoitua tietoa, jota löytyy laskentataulukoista ja relaatiotietokannoista. Tekstit, kuvat, videot ja ääni ovat esimerkkejä strukturoimattomasta datasta. (Gandomi & Haider, 2015) Eri lähteistä syntyvä data on noin 80 prosenttisesti strukturoimatonta tai semi-strukturoitua dataa (Gupta & Rani, 2019). Gandomin ja Haiderin (2015) mukaan big data on 95 prosenttisesti strukturoimatonta. Joka tapauksessa suurin osa datasta on strukturoimatonta.

### **2.2.2 Big data -analytiikka**

Big data -analytiikan (BDA) avulla pyritään saamaan järkevää tietoa koko ajan kasvavasta tietomassasta (Kache & Seuring, 2017). BDA helpottaakin dataan perustuvaa päätöksentekoa, sillä sen avulla saadaan tietoa valtavista datamääristä (Ivanov et al., 2019). Analytiikkaa on neljää eri tyyppiä, jotka ovat kuvaileva, diagnosoiva, ennustava ja

ohjaileva. Ennustava ja ohjaileva analytiikka kuuluvat edistyneeseen analytiikkaan, joka käyttää hyödykseen monimutkaista matemaattista mallinnusta, kuten koneoppimista. (Gupta & Rani, 2019)

Gandomi ja Haider (2015) jakavat big data -prosessin viiteen vaiheeseen. Nämä vaiheet voidaan jakaa kahteen osaprosessiin, jotka ovat datan hallinta ja analytiikka. Datan hallinta sisältää prosessit ja tukiteknologiat, joiden avulla voidaan hankkia ja tallentaa dataa sekä valmistella ja hakea sitä analysointia varten. Analytiikka taas viittaa tekniikoihin, joita käytetään big datan analysointiin ja tietämyksen saamiseksi big datasta. Näitä tekniikoita ovat esimerkiksi teksti-, ääni-, video- ja ennakoiva analytiikka. BDA voidaan siis nähdä koko big datan hyödyntämisprosessin osaprosessina. (Gandomi & Haider, 2015)

Guptan ja Ranin (2019) mukaan BDA on monivaiheinen prosessi, joka alkaa datan hankinnasta ja loppuu visualisointiin. Heidän mukaansa tähän prosessiin kuuluu seuraavat vaiheet: hankkiminen (engl. acquisition), poimiminen (engl. extraction), puhdistaminen (engl. cleaning), suodattaminen (engl. filtering), validointi (engl. validation), yhdistäminen (engl. integration), analyysi (engl. analysis) ja visualisointi (engl. visualisation). Gandomi ja Haider (2015) lukevat itse BDA:han vain tiedon mallintamisen, analysoinnin ja tulkinnan, mutta Gupta ja Rani (2019) sisällyttävät analytiikkaprosessiin kaikki vaiheet datan hankinnasta lähtien.

BDA voidaankin käsittää joko laajemmassa merkityksessä tai suppeammassa merkityksessä. Tässä työssä big data -analytiikka nähdään Dubeyta et al. (2021) mukailten erilaisten välineiden, tekniikoiden ja prosessien yhdistelmänä, jonka avulla organisaatio pystyy käsittelemään, järjestelemään ja analysoimaan suurta tietomäärää ja saamaan siitä sellaisia näkemyksiä, joiden avulla johtajat voivat tehdä tehokkaita päätöksiä.

## 3. RESILIENSSI TOIMITUSKETJUSSA

Nykyisessä globaalissa ja yhä dynaamisemmassa ympäristössä toimitusketjujen toimintoja ja tehokasta suorituskykyä uhkaavat erilaiset tapahtumat. Toimitusketjun häiriöllä tarkoitetaan ennakoimattoman tapahtuman tai riskin aiheuttamaa häiriötä toimitusketjun valmistus- tai jakeluprosessissa (Ali et al., 2021). Toimitusketjun häiriöt voivat aiheutua ulkoisesta lähteestä, kuten luonnonkatastrofeista, tai sisäisestä lähteestä, kuten epäonnistumisesta toimitusketjun toimintojen integroimisessa. Tällaiset häiriöt vaikuttavat haitallisesti sekä yritysten liikevaihtoon että kustannuksiin. (Ponomarov & Holcomb, 2009)

Perinteiset riskienhallintamenetelmät eivät välttämättä toimi ennakoimattoman häiriön tapahtuessa (Pettit et al., 2010, 2013). Toimitusketjun resilienssin hallinta onkin ennakoiva metodi tavallisen riskienhallinnan ja jatkuvuussuunnitelman lisäksi ja niiden parantamiseksi (Pettit et al., 2010). Toimitusketjuja suunniteltaessa tulisi huomioida niiden häiriökestävyys, mutta toisaalta myös nopea toipuminen häiriöistä mahdollisimman alhaisella kustannuksella (Hosseini et al., 2019). Yritysten tulee siis olla valmiita muutoksiin sekä suunnitella ja hallita toimitusketjujaan siten, että ne voisivat reagoida ja sopeutua muutoksiin nopeasti, sillä muuten kustannukset voivat nousta hyvin korkeiksi (Pettit et al., 2013). Resilientti toimitusketju kestää häiriöitä, sopeutuu niihin ja toipuu niistä niin, että se pystyy vastaamaan kysyntään ja varmistamaan suorituskykynsä (Hosseini et al., 2019).

### 3.1 Resilientin toimitusketjun määritelmä

Resilienssi on moniulotteinen ja -tieteinen käsite (Ponomarov & Holcomb, 2009; Chowdhury & Quaddus, 2016). Resilienssiä voisi tarkastella useammankin eri tieteenalan näkökulmasta, mutta tässä työssä rajaudutaan toimitusketjujen näkökulmaan. Ponomarov ja Holcomb (2009) tutkivat resilienssiä ekologisesta, sosiaalisesta, psykologisesta, taloudellisesta, organisationaalisesta sekä poikkitieteellisten alojen, kuten hätätilojen hallinnan ja kestäväen kehityksen, näkökulmista. He huomasivat, ettei pitkälle kehittyneilläkään tieteenaloilla ole selkeää, yksiselitteistä määritelmää resilienssille. Ei ole siis ihme, ettei toimitusketjun resilienssillekään ole olemassa yksikäsitteistä määritelmää (Ponomarov & Holcomb, 2009; Hohenstein et al., 2015; Kamalahmadi & Parast, 2016; Hosseini et al., 2019). Taulukkoon 2 on koottu eri tutkijoiden määritelmiä toimitusketjun resilienssille.

**Taulukko 2:** Toimitusketjun resilienssin määritelmiä.

<b>Tekijät</b>	<b>Määritelmä</b>
Christopher & Peck (2004)	Systeemin kyky palata alkuperäiseen tilaan tai siirtyä uuteen, halutumpaan tilaan häiriön jälkeen
Sheffi & Rice (2005)	Kyky toipua häiriöstä
Ponomarov & Holcomb (2009)	Toimitusketjun mukautuva kyky varautua odottamattomiin tapahtumiin, vastata häiriöihin ja toipua niistä säilyttäen sekä toimintojen jatkuvuus halutulla kytkeytyneisyystasolla että rakenteen ja toiminnan hallinta
Pettit et al. (2013)	Kyky selviytyä, sopeutua ja kasvaa myrskyisässä muutoksessa
Hohenstein et al. (2015)	Toimitusketjun kyky olla varautunut odottamattomiin riskitapahtumiin, vastata ja toipua nopeasti mahdollisista häiriöistä ja palata alkuperäiseen tilaan tai kasvaa siirtymällä uuteen, toivotumpaan asemaan asiakaspalvelun, markkinaosuuden ja taloudellisen suorituskyvyn parantamiseksi
Tukamuhabwa et al. (2015)	Toimitusketjun mukautuva kyky valmistautua ja vastata häiriöihin, toipua niistä oikea-aikaisesti ja kustannustehokkaasti ja siten saavuttaa häiriön jälkeinen toimintatila, joka on parhaassa tapauksessa parempi kuin ennen häiriötä
Chowdhury & Quaddus (2016)	Toimitusketjun kyky ehkäistä häiriöitä ja vähentää häiriöiden vaikutusta kehittämällä vaadittua valmiustasoa, nopeaa reagointia ja toipumiskykyä
Kamalahmadi & Parast (2016)	Toimitusketjun sopeutumiskyky vähentää äkillisten häiriöiden todennäköisyyttä, vastustaa häiriöiden leviämistä säilyttämällä rakenteiden ja toimintojen hallinta ja toipua ja reagoida välittömien ja tehokkaiden suunnitelmien mukaisesti häiriön voittamiseksi ja toimitusketjun palauttamiseksi vakaaseen tilaan
Hosseini et al. (2019)	Toimitusketjun kyky hyödyntää toimitusketjun kokonaisuuksien absorptiivinen kapasiteetti häiriöiden vaikutusten torjumiseksi ja kestämiseksi, minimoida häiriöiden seuraukset ja leviäminen adaptiivista kapasiteettia hyödyntämällä ja palauttaa suorituskyky normaalille tasolle kustannustehokkaalla tavalla käyttäen ennalleen palauttavaa (engl. restorative) kapasiteettia, jos absorptiivinen ja adaptiivinen kapasiteetti eivät ole riittäviä
Ivanov et al. (2019)	Monimutkainen ominaisuus, joka koostuu häiriöttömästä toiminnasta, kestävydestä, toipumiskyvystä sekä toimitusketjun prosessien ja koko toimitusketjun ylläpidosta

Taulukosta 2 voidaan huomata, etteivät toimitusketjun resilienssin määritelmät ole täysin samanlaisia, mutta niissä toistuvat usein häiriöihin varautuminen, niihin reagointi ja niistä toipuminen. Myös Hosseini et al. (2019) tunnistivat eri toimitusketjun resilienssin määritelmistä useita samankaltaisuuksia, joita ovat esimerkiksi ennakoimattomien häiriöiden odottaminen, häiriöiden kestäminen, nopea reagointi häiriöihin, häiriöistä toipuminen ja vakaaseen tilaan palautuminen. Toisten määritelmien mukaan resilienssillä tarkoitetaan ennen kaikkea häiriöihin valmistautumista etukäteen, kun taas toiset määritelmät korostavat kyvykkyyksiä, joiden avulla voidaan reagoida jo tapahtuneisiin häiriöihin (Kamalahmadi & Parast, 2016). Tästä voidaankin päätellä, että jos resilienssi halutaan ymmärtää laajemmassa merkityksessä, kuuluu siihen sekä häiriöiden ennakointi että niihin



reagointi. Valmistautumisen ja reagoinnin lisäksi esimerkiksi Christopherin ja Peckin (2004), Pettitin et al. (2013) ja Hohensteinin et al. (2015) määritelmässä nostetaan esille toimitusketjun kyky toipua häiriötä edeltävään tilaan tai jopa päästä aiempaa parempaan tilaan häiriötilanteen jälkeen. Tässä työssä toimitusketjun resilienssi määritelläänkin toimitusketjun kyvyksi olla varautunut häiriöiden varalta, reagoida häiriöihin nopeasti ja tehokkaasti ja toipua niistä kustannustehokkaasti tai parhaimmillaan kasvaa siten, että toimitusketju on häiriön jälkeen paremmassa tilassa kuin ennen häiriötä. Määritelmästä on havaittavissa edellä mainittuja toimitusketjun resilienssin näkökulmia, valmiutta, vastausta, toipumista ja kasvua, joita voidaan kutsua resilienssin vaiheiksi.

### 3.2 Resilienssin vaiheet

Monet tutkijat ovat pyrkineet tunnistamaan toimitusketjun resilienssin vaiheet. Ponomarov ja Holcomb (2009) jaottelevat toimitusketjun resilienssin kolmeen vaiheeseen: valmiuteen, vastaukseen ja toipumiseen. Chowdhury ja Quaddus (2016) sen sijaan ovat yhdistäneet vastauksen ja toipumisen yhdeksi resilienssin ulottuvuudeksi, sillä heidän jaottelunsa mukaan toimitusketjun resilienssi jakautuu kahteen ulottuvuuteen, jotka ovat valmius ja vastaus-toipuminen (engl. response-recovery). Hohenstein et al. (2015) sekä Tukamuhabwa et al. (2015) tunnistivat vielä neljännen vaiheen eli kasvun. Nämä resilienssin neljä vaihetta ovat tunnistettavissa myös heidän muodostamissa toimitusketjun resilienssin määritelmässä, jotka löytyvät taulukosta 2.

Kamalahmadin ja Parastin (2016) mukaan resilienssi jakautuu kolmeen vaiheeseen, jotka ovat ennakointi (engl. anticipation), resistenssi (engl. resistance) sekä toipuminen ja vastaus (engl. recovery and response). Ennakointivaiheeseen kuuluu häiriön ennakoiminen ja toimitusketjun valmisteleminen minkä tahansa odottamattoman muutoksen varalta. Myös valmiussuunnitelmat tulisi laatia valmiiksi hätätilanteita varten ennakointivaiheessa. Resistanssivaihe alkaa heti, kun häiriö havaitaan. Tässä vaiheessa tärkeää on toimitusketjun kyky vastustaa häiriötä ja estää sen leviämistä, jotta toiminnot voisivat jatkua normaalisti. Mikäli ennakointivaihe on onnistunut hyvin, ei häiriöt etene enää seuraavaan vaiheeseen eli toipumiseen ja vastaukseen. Jos häiriöllä on potentiaalia vaikuttaa negatiivisesti toimitusketjun toimintaan, tulisi siihen reagoida saatavilla olevat resurssit huomioon ottaen välittömästi ja tehokkaasti, jotta negatiiviset vaikutukset voidaan minimoida. (Kamalahmadi & Parast, 2016)

Kamalahmadin ja Parastin (2016) tunnistamat resilienssin vaiheet ovat pitkälti yhdenmuukaisia edellä esiteltyjen jaottelujen kanssa. Ainoastaan resistenssi on vaihe, jota Ponomarov ja Holcomb (2009), Hohenstein et al. (2015) ja Chowdhury ja Quaddus (2016) eivät olleet tunnistaneet omaksi vaiheeksi. Resistenssin avulla säilytetään rakenteen ja

toimintojen hallinta (Kamalahmadi & Parast, 2016). Muissa jaotteluissa voidaan nähdä, että resistenssi muodostuu valmiudesta ja vastauksesta häiriötilanteisiin. Kamalahmadin ja Parastin (2016) mukaan hyvin valmisteluilla vastatoimilla voidaan nostaa yrityksen taso, jopa häiriötä edeltävää tilaa paremmaksi ja siten saavuttaa kilpailuetua. Tämä on yhdenmukainen Hohensteinin et al. (2015) tunnistaman viimeisen resilienssin vaiheen eli kasvun kanssa.

Scholten et al. (2014) sovelsivat tutkimuksessansa katastrofin hallintaprosessia toimitusketjun resilienssiin, jonka vaiheet ovat lieventäminen, valmius, välitön vastaus ja toipuminen. Näistä vaiheista ensimmäisellä, lieventämisellä, on kriittinen merkitys toimitusketjun resilienssin rakentamisen kannalta, sillä lieventämisprosessit ovat edellytyksenä toimitusketjun resilienssille. Ilman niitä eivät myöskään valmius-, vastaus- ja toipumisprosessit voi toimia. (Scholten et al., 2014) Hohenstein et al. (2015) tukevat tätä näkökulmaa, sillä he sovelsivat tutkimuksessansa Ferdowsin ja De Meyerin (1990, Hohenstein et al., 2015 mukaan) hiekkakartiomallia, jonka mukaan jo saavutettu kyvykkyys toimii seuraavan kyvykkyiden perustana. Heidän jaottelunsa mukaan toimitusketjun resilienssin ensimmäinen vaihe on valmius, joka toimii siten hiekkakartiomallin mukaisesti toimitusketjun resilienssin perustana. Valmiuden avulla voidaan vähentää häiriön todennäköisyyttä ja kielteisiä vaikutuksia. Valmius ja sen elementit tukevat myös seuraavia vaiheita. (Hohenstein et al., 2015) Myös Chowdhury ja Quadduksen (2016) mukaan resilienssin ensimmäisellä vaiheella, valmiudella, on merkittävin rooli toimitusketjun resilienssin kannalta. Näissä kaikissa tutkimuksissa on siis tunnistettu, että ensimmäinen vaihe on kriittisemmässä roolissa muihin vaiheisiin verrattuna.

### **3.3 Toimitusketjun resilienssin tekijät**

Monet tutkimukset ovat pyrkineet määrittelemään toimitusketjun resilienssin taustatekijät, mutta määritelmässä on jonkin verran eroavaisuuksia. Toimitusketjun resilienssin ilmiötä häiritsee kirjallisuuden eriävä käsitteistö, mikä haittaa myös toimitusketjun resilienssin tekijöiden määrittelyä (Hohenstein et al., 2015). Eroavaisuuksia löytyy jo siitä, millä termillä näitä tekijöitä kutsutaan. Toiset kirjoittajat kutsuvat niitä periaatteiksi (engl. principles) (Christopher & Peck, 2004; Kamalahmadi & Parast, 2016), toiset kyvykkyyksiksi (engl. capabilities) (Pettit et al., 2010; Jüttner & Maklan, 2011; Scholten et al., 2014), toiset elementeiksi (Hohenstein et al., 2015), toiset strategioiksi (Tukamuhabwa et al., 2015) ja toiset taustatekijöiksi (engl. antecedent) (Chowdhury & Quaddus, 2016; Naimi et al., 2021). Tässä työssä käytetään käsitettä tekijä, joka on yksinkertainen ja neutraali ilmaus kuvaamaan näitä toimitusketjun resilienssin rakennuspaloja. Taulukkoon 3 on nostettu kirjallisuudessa useimmiten mainitut toimitusketjun resilienssin tekijät ja

liitteessä A on laajempi taulukko kaikista tunnistetuista tekijöistä. Näitä taulukon 3 tekijöitä pidetään tässä työssä myös toimitusketjun resilienssin tärkeimpinä tekijöinä, sillä useimmat kirjoittajat viittaavat niihin omissa tutkimuksissansa.

**Taulukko 3:** Useimmiten mainitut toimitusketjun resilienssin tekijät.

	Christopher & Peck (2004)	Jüttner & Maklan (2011)	Scholten et al. (2014)	Hohenstein et al. (2015)	Tukamuhabwa et al. (2015)	Kamalahmadi & Parast (2016)	Chowdhury & Quaddus (2016)	Naimi et al. (2021)
Yhteistyö (engl. collaboration)	X	X	X	X	X	X	X	X
Ketteryys (engl. agility)	X		X	X	X	X		X
Näkyvyys (engl. visibility)	X	X	X	X	X	X	X	X
Nopeus (engl. velocity)	X	X	X	X		X		X
Joustavuus (engl. flexibility)	X	X	X	X	X	X	X	X
Redundanssi (engl. redundancy)				X	X	X	X	
Toimitusketjun (uudelleen)suunnittelu (engl. supply chain (re)engineering)	X		X	X		X		X
Riskienhallintakulttuuri / riskitietoisuus (engl. risk management culture / risk awareness)	X		X	X		X	X	X
Informaation jakaminen (engl. information sharing)			X	X		X	X	X

Pettit et al. (2010) mukaan toimitusketjun kyvykkyudet ovat ominaisuuksia, jotka mahdollistavat yrityksen ennustaa häiriöitä ja selvittää niistä. Tukamuhabwan et al. (2015) mukaan näiden strategioiden tai kyvykkyyksien tulisi varmistaa, että toimitusketjun kyky valmistautua, vastata, toipua ja kasvaa häiriötilanteista pyrittäisiin maksimoimaan oikea-aikaisesti ja mahdollisimman vähillä kustannuksilla. Taulukosta 3 voidaan nähdä, että eniten mainittuja toimitusketjun resilienssin tekijöitä ovat yhteistyö, ketteryys, näkyvyys ja joustavuus. Näiden lisäksi toimitusketjun suunnittelu, riskienhallintakulttuuri, nopeus, redundanssi ja informaation jakaminen nousevat useissa tutkimuksissa esille. Näistä tekijöistä informaation jako sisältyy usein yhteistyöhön tai riskienhallintakulttuuriin, joten sitä ei käsitellä tässä työssä erillisenä tekijänä.

### 3.3.1 Yhteistyö

Yhteistyö on toimitusketjun resilienssin tekijä, jonka jokainen luettu artikkeli nosti yhdeksi toimitusketjun resilienssin tekijäksi. Toimitusketjun kumppanien välinen yhteistyö parantaa toimitusketjun resilienssiä (Christopher & Peck, 2004; Pettit et al., 2010; Jüttner & Maklan, 2011; Scholten et al., 2014; Hohenstein et al., 2015; Tukamuhabwa et al., 2015;

Chowdhury & Quaddus, 2016; Kamalahmadi & Parast, 2016; Hosseini et al., 2019; Naimi et al., 2021). Yhteistyö on yksi tärkeimmistä resilientin toimitusketjun tekijöistä, jota tarvitaan kaikissa resilienssin vaiheissa (Scholten et al., 2014; Hohenstein et al., 2015). Yhteistyö edellyttää, että tiedot ovat kaikkien osapuolten saatavilla. Reaaliaikaisen tiedon jakamisen nopeus on tärkeintä onnistuneen toimitusketjun yhteistyön taustalla. Tämä vähentää epäselvyyksiä ja varmistaa häiriövalmiuden. (Al-Talib et al., 2020) Yhteistyö sisältää informaation jakamisen, yhteistyöhön perustuvan viestinnän, yhdessä luodun tietämyksen sekä yhteiset toimet toimitusketjun resilienssin parantamiseksi (Scholten & Schilder, 2015; Naimi et al., 2021).

Resilientti toimitusketju vaatii hyvää yhteistyötä eri toimijoiden välillä, jotta riskit osataan tunnistaa ja jotta niitä voidaan vähentää ja hallita. Informaation jaolla voidaan vähentää epävarmuutta. Informaation jakamisen tavoitteena on taas parantaa näkyvyyttä toimitusketjun riskeistä ja muutoksista niin ylä- kuin alavirrassa. (Christopher & Peck, 2004) Yhteistyö on erittäin tärkeää tiedon jakamiseksi ja nopeamman reagoinnin mahdollistamiseksi häiriötilanteissa (Naimi et al., 2021). Yhteistyö on kuitenkin mahdollista vastaitten, kun tiedonjakokanavat on kehitetty ja luottamus on rakennettu toimitusketjun toimijoiden välille (Kamalahmadi & Parast, 2016). Yhteistyö vaatii siis informaation jakamista, tiedonjakokanavia ja luottamusta. Hosseini et al. (2019) kuitenkin toteavat, että vaikka tutkijat ovat samaa mieltä siitä, että yhteistyö voi parantaa toimitusketjun resilienssiä, ei ole täysin selvää, miten yhteistyö vaikuttaa toimitusketjun resilienssiin.

### 3.3.2 Ketteryys

Toimitusketjun resilienssi vaatii ketteryyttä, jotta pystytään nopeasti reagoimaan odottamattomiin tilanteisiin (Christopher & Peck, 2004; Scholten et al., 2014; Hohenstein et al., 2015). Ketteryys voidaan jakaa kahteen osaan: näkyvyyteen (engl. visibility) ja nopeuteen (engl. velocity) (Christopher & Peck, 2004; Kamalahmadi & Parast, 2016) tai kolmeen osaan: näkyvyyteen, nopeuteen ja joustavuuteen (Scholten et al., 2014). Toisaalta kirjallisuudessa viitataan näihin tekijöihin usein myös omina erillisinä tekijöinä. Esimerkiksi Jüttner ja Maklan (2011) käsittelevät näkyvyyttä, nopeutta ja joustavuutta erillisinä tekijöinä, eivätkä mainitse ketteryyttä erikseen.

Yritysten tulisi panostaa ketteryyteen, jotta riskitilanteet voitaisiin huomata ajoissa ja niihin voitaisiin reagoida nopeammin (Hohenstein et al., 2015). Ketteryyden avulla yritykset selviytyvät helpommin häiriöiden vaikutuksista (Naimi et al., 2021). Ketteryyttä voidaan parantaa toimitusketjun osapuolten välisellä tehokkaalla kommunikaatiolla ja reaaliaikaisella tiedonjaolla muun muassa kysyntä- ja varastotasoista (Hohenstein et al., 2015).

Ketteryys mahdollistaa myös toimitusketjun nopean uudelleensuunnittelun (Hohenstein et al., 2015; Naimi et al., 2021).

### 3.3.3 Näkyvyys

Näkyvyydellä tarkoitetaan hyvää kokonaiskuvaa koko toimitusketjusta, mikä voi auttaa huomaamaan merkkejä uhkaavista häiriöistä (Christopher & Peck, 2004; Tukamuhabwa et al., 2015). Näkyvyys tarkoittaa tietoa esimerkiksi varasto-, kysyntä- ja tarjontatasoista sekä tuotanto- ja hankinta-aikatauluista niin toimitusketjun ylä- kuin alavirrassa (Christopher & Peck, 2004). Näkyvyys on tärkeää, sillä tietoihin perustuva päätöksenteko on mahdollista vain, jos päätöksentekijöillä on hyvä kokonaiskuva toimitusketjusta ja jos he voivat helposti arvioida päätöksen vaikutuksia eri toimitusketjun osiin (Kamalahmadi & Parast, 2016). Näkyvyyttä saavutetaan oikea-aikaisella tiedon jakamisella. Tämä lisää luottamusta toimitusketjussa ja riskit saadaan minimoitua tehokkaan reagoinnin avulla. (Al-Talib et al., 2020) Toimitusketjun näkyvyys vaatiikin tiivistä yhteistyötä asiakkaiden ja toimittajien kanssa sekä sisäistä integraatiota. Usein näkyvyyden esteenä on yksittäisen yrityksen sisäinen organisaatorakenne, joka rajoittaa tiedonkulkua. (Christopher & Peck, 2004)

Jüttnerin ja Maklanin (2011) tapaustutkimuksessa näkyvyys oli tärkeää kaikille kolmelle tutkitulle yritykselle niiden toimien ajoittamisen kannalta koko riskitapahtuman ajan. Näkyvyys siis vaikutti parempaan päätöksentekoon. Kahdessa kolmesta tutkitusta yrityksestä näkyvyyden mahdollistamat tehokkaat vastaukset häiriöön auttoivat kompensoimaan saatavuuspuutteet ja lievensi kielteisiä vaikutuksia kustannustavoitteisiin. Yksi yritys pystyi esimerkiksi tunnistamaan taloudellisesti haavoittuvaset toimittajat seuraamalla toimittajiansa ja jakamalla tietoa riskialttiudesta, mikä pidensi reaktioaikaa ja mahdollisti ryhtymisen vastatoimenpiteisiin toimittajan maksukyvyttömyydestä johtuvien mahdollisten toimitusvaikeuksien varalta. Toimitusketjun näkyvyyttä parannetaan siis informaation jakamisella, mutta tämä voi olla myös este näkyvyydelle, jos haavoittuvat yritykset näkevät informaationjaon uhkana niiden selviytymiselle. Tämä voi olla aiheellinen huoli, sillä kyseinen tapausyritys käytti näkyvyyttä toimittajasopimuksen ennenaikaiseen irtisanomiseen. (Jüttner & Maklan, 2011)

### 3.3.4 Nopeus

Nopeudella voidaan tarkoittaa sitä, kuinka nopeasti toimitusketju pystyy reagoimaan kysynnän muutoksiin tai häiriöihin (Christopher & Peck, 2004; Kamalahmadi & Parast, 2016). Toisaalta nopeus voi tarkoittaa myös sitä, miten pitkä on koko toimitusketjun läpimenoaika. Toimitusketjun nopeuteen vaikuttaa ainakin kolme tekijää. Ensinnäkin

prosessien virtaviivaistaminen lisää joustavuutta, mutta vähentää mittakaavaetuja, sillä virtaviivaisissa prosesseissa pyritään minimaalisiin eräkokoihin. Toimittajien toimitusajat ovat toinen tekijä ja kolmas tekijä on ei-arvoa luovan ajan vähentäminen toimitusketjussa. (Christopher & Peck, 2004) Nopeudella voidaan tarkoittaa myös sitä, kuinka nopeasti toimitusketju toipuu häiriöstä. Nopeus liittyy myös läheisesti joustavuuteen. (Jüttner & Maklan, 2011)

Jüttnerin ja Maklanin (2011) tapaustutkimuksessa nopeus vaikutti myönteisesti yritysten liikevaihtotavoitteisiin ja tuki joustavuutta lisäämällä toimitusten sopeutumiskykyä. Kahdella yrityksellä oli ylimääräisiä resursseja, jotka mahdollistivat kapasiteetin nopean nostamisen kysynnän noustua odottamattomasti. Tutkimuksen tulokset painottavat, että ratkaisevaa on paitsi joustavat sopeutumistoimenpiteet myös näiden toimenpiteiden nopeus. (Jüttner & Maklan, 2011)

### 3.3.5 Joustavuus ja redundanssi

Joustavuus on kyky kohdata, ratkaista ja mikäli tarkoituksenmukaista, käyttää hyödyksi odottamattomia tapahtumia (Jüttner & Maklan, 2011). Joustavuutta voidaan luoda niin toimitusten ja hankinnan, oman valmistusprosessin, jakelun ja asiakaspalvelun, järjestelmien kuin yrityskulttuurinkin näkökulmista (Sheffi & Rice, 2005). Joustavuus takaa sen, että häiriöt voidaan hoitaa vaikuttamatta toimitusketjuun negatiivisesti (Al-Talib et al., 2020).

Redundanssilla viitataan erilaisiin varakeinoihin, kuten lisäkapasiteettiin ja varastoihin, joita tulisi käyttää strategisesti ja harkitusti toimitusketjun resilienssin varmistamiseksi (Christopher & Peck, 2004; Sheffi & Rice, 2005; Ivanov et al., 2019). Yleisimmät redundanssin muodot ovat varmuusvarastot, useiden toimittajien käyttö sekä tarkoituksellisen alhainen kapasiteetin käyttöaste (Sheffi & Rice, 2005). Tukamuhabwan et al. (2015) mukaan joustavuus liittyy läheisesti redundanssiin, mutta joustavuutta voi hankkia myös muilla tavoin, kuten palkkaamalla monitaitoisia työntekijöitä, asentamalla monikäyttökooneita ja luomalla joustavia sopimusjärjestelyitä.

Kirjallisuudessa ei ole yhteisymmärrystä siitä tulisiko redundanssin vai joustavuuden painottua toimitusketjun resilienssin saavuttamisessa (Kamalahmadi & Parast, 2016) ja ovatko nämä erillisiä toimitusketjun resilienssin tekijöitä vai onko redundanssi osa joustavuutta (Jüttner & Maklan, 2011). Sheffin ja Ricen (2005) mukaan resilienssiä voidaan saavuttaa joko rakentamalla redundanssia tai joustavuutta toimitusketjuun. Myös Hohensteinin et al. (2015) mukaan joustavuus ja redundanssi ovat tärkeimmät resilienssin elementit.

Jüttnerin ja Maklanin (2011) tapaustutkimuksessa toimitusketjun joustavuus auttoi sekä kustannus- että liikevaihtotavoitteisiin. Kustannusten kannalta joustavuus vaihtaa kustannustehokkaisiin toimittajiin oli tärkeä tekijä. Lisäksi joustavuus mahdollisti kapasiteetin uudelleenjaon ja kapasiteetin optimoinnin niin yrityksen sisäisesti kuin toimitusketjun tasolla. Tulojen kannalta joustavuus mahdollisti yritysten vastaamisen ennakoimattomiin kysynnänmuutoksiin. (Jüttner & Maklan, 2011)

### **3.3.6 Toimitusketjun (uudelleen)suunnittelu**

Resilienssin rakentaminen tulee olla ennakoivaa (Scholten et al., 2014). Riskien vähentämiseksi toimitusketjut tulisi suunnitella siten, että ne ovat valmistuneita häiriötilanteiden varalta, jotta ne pystyisivät vastaamaan mahdollisiin häiriöihin tehokkaasti (Ponomarov & Holcomb, 2009). Toimitusketju tulee siis ensinnäkin suunnitella resilienssi huomioon ottaen. Tämä vaatii toimitusketjun ymmärtämistä, kuten kriittisten polkujen tunnistamista. Lisäksi tulee miettiä hankintastrategiaa, kuten toimittajien riskitietoisuutta, ja toimitusketjun suunnitteluperiaatteita, kuten eri vaihtoehtojen auki pitämistä sekä tehokkuuden ja redundanssin välistä painotusta. (Christopher & Peck, 2004) Toimitusketjun uudelleensuunnittelulla tarkoitetaan esimerkiksi materiaalien uudelleenreititystä ja tuotannon lisäämistä toisissa tuotantolaitoksissa, jos yhdessä ilmenee häiriöitä (Hohenstein et al., 2015).

Toisten kirjoittajien mukaan toimitusketjun suunnittelussa tulisi huomioida toimitusketjun solmutiheys, monimutkaisuus ja kriittisyys (Craighead et al., 2007; Chowdhury & Quaddus, 2017). Solmutiheydellä tarkoitetaan toimitusketjun solmukohtien eli toimijoiden maantieteellistä etäisyyttä (Craighead et al., 2007). Toimitusketjun solmutiheys on korkea kun hankinta- tai jakelumarkkinat ovat keskittyneet tietylle alueelle (Chowdhury & Quaddus, 2017). Monimutkaisuudella viitataan toimitusketjun solmujen ja materiaali- virtojen määrään. Mitä enemmän solmuja ja materiaali- virtoja, sitä suurempi toimitusketjun monimutkaisuus. Kriittisyydellä tarkoitetaan toimitusketjun solmun tärkeyttä ja sitä voidaan käyttää kuvaamaan joko yksittäisiä solmuja erikseen tai koko toimitusketjua. (Craighead et al., 2007) Mikäli toimitusketjussa on yksittäinen hyvin tärkeä toimittaja tai jakelija, josta muut toimitusketjun toimijat ovat hyvin riippuvaisia, on toimitusketju kriittinen ja haavoittuvainen (Chowdhury & Quaddus, 2017).

### **3.3.7 Riskienhallintakulttuuri / riskitietoisuus**

Riskienhallintakulttuurin rakentaminen yritykseen on tärkeää, sillä tämä parantaa ja jopa mahdollistaa resilientin toimitusketjun luomisen (Christopher & Peck, 2004). Riskienhallintakulttuuri sisältää esimerkiksi riskien ja riski-informaation jakamisen toimitusketjun

osapuolten kesken, toimitusketjun jatkuvuustiimin perustamisen, halun tietää riskeistä ja riskien huomioon ottamisen päätöksenteossa (Chowdhury & Quaddus, 2016). Chowdhury ja Quadduksen (2016) mukaan toimitusketjun riskienhallintakulttuuri on yksi tärkeimmistä taustatekijöistä toimitusketjun resilienssin taustalla, sillä riskienhallintakulttuurin avulla organisaatiot voivat ymmärtää riskejä, tarkkailla riskilähteitä ja huomioida riskit päätöksenteossa. Myös Scholtenin et al. (2014) mukaan tämä riskitietoisuus on yksi tärkeimmistä resilienssin tekijöistä.

Naimi et al. (2021) mukaan riskienhallintakulttuuria voidaan vahvistaa päätöksenteko- ja toimintaprosesseilla. Siten työntekijät ylläpitävät tietoisuutta häiriöistä ja pyrkivät oppimaan pienistäkin häiriöistä toimitusketjussa (Naimi et al., 2021). Häiriöihin reagoinnin kehittäminen on paljon helpompaa, kun jokainen yksilö on valmistautunut ja on valmis edistämään nopeampien ja tehokkaampien ratkaisujen kehittämistä (Kamalahmadi & Parast, 2016). Kulttuurinmuutoksessa yrityksen johdolla on tärkeä rooli (Christopher & Peck, 2004; Kamalahmadi & Parast, 2016). Myös riski-informaation jakaminen vaatii ylimmän johdon tukea (Ponomarov & Holcomb, 2009).



## 4. ESINEIDEN INTERNETIN JA BIG DATA -ANALYTIIKAN VAIKUTUS TOIMITUSKETJUN RESILIENSSIIN

Toimitusketjut toimivat jatkuvasti muuttuvassa ympäristössä ja ovatkin alttiita lukemattomille riskeille. Selviytyäkseen tässä monimutkaisessa ympäristössä toimitusketjujen tulee olla resiliентtejä ja joustavia, mikä taas vaatii hyvää näkyvyyttä koko toimitusketjusta, kykyä vastata tarpeeksi nopeasti muutoksiin ja tehokasta yhteistyötä toimittajien ja asiakkaiden kanssa. Tietotekniikka auttaa toimitusketjuja selviytymään näistä haasteista. (Ben-Daya et al., 2019) Toimitusketju voi toimia yhtenä kokonaisuutena, jos eri toimijoiden välillä informaatio liikkuu reaaliaikaisesti. Toimitusketjun resilienssiä voidaan luoda, jos kaikki toimitusketjun toiminnalliset osat käyttävät relevanttia ja oikea-aikaista informaatiota tehokkaasti. (Ali et al., 2021) Kehittyneet digitaaliset teknologiat tukevat sisäistä ja ulkoista informaation kulkua (Ben-Daya et al., 2019; Ali et al., 2021), mikä vähentää tiedon vääristymistä, ennustevirheitä sekä hajautumista niin yrityksen sisäisten toimintojen kuin toimitusketjun eri toimijoiden välillä ja siten vähentää myös kysynnän ja tarjonnan välisen eron aiheuttamia häiriöitä (Ali et al., 2021). Tietotekniikka auttaa kommunikaation parantamisessa, datan hankinnassa ja siirtämisessä, mahdollistaen tehokkaamman päätöksenteon ja tehostaen toimitusketjun suorituskykyä (Ben-Daya et al., 2019). Tässä luvussa tarkastellaan IoT:tä ja big data -analytiikkaa erityisesti luvussa 3 tunnistettujen toimitusketjun resilienssin tekijöiden näkökulmasta.

IoT:n vaikutusta toimitusketjun resilienssiin ei ole tutkittu vielä paljoa. Al-Talib et al. (2020) tutkivat IoT:n ja toimitusketjun resilienssin yhteyttä ja löysivät vain yhden artikkelin, joka käsitteli suoraan tätä näkökulmaa. IoT:n on kuitenkin huomattu tuovan toimitusketjujen hallintaan suuria mahdollisuuksia (Ben-Daya et al., 2019), mikä voi tarkoittaa samalla mahdollisuuksia toimitusketjun resilienssin kannalta. Ennen IoT:tä dataa ja tietoa ei jaettu laajemmin toimitusketjussa, mikä vähensi näkyvyyttä. Kompleksisuus ja epävarmuus aiheuttivat monia ongelmia, kuten virheitä toimitus- ja noutotilauksissa, jotka johtivat ajan hukkaamiseen ja lisäkustannuksiin. IoT:n avulla voidaankin lisätä reaaliaikaista tietoa ja parantaa toimitusketjun resilienssiä. IoT:n käyttöönotto toimitusketjun toiminnoissa vähentää kustannuksia, kompleksisuutta ja virheitä toimitusketjussa. (Al-Talib et al., 2020)

Toimitusketjun hallinnan digitaalisista teknologioista BDA:ta on kehitetty pisimmälle viime vuosikymmenen aikana (Ivanov et al., 2019). BDA mahdollistaa kehityssuuntien hankkimisen, omaksumisen, arvioinnin ja tunnistamisen organisaation keräämästä

datasta. Tällaisen tiedon avulla voidaan kehittää toimitusketjun resilienssiä, sillä siitä voidaan tunnistaa ulkoisia riskejä etukäteen ja siten toimenpiteet riskin pienentämiseksi tai välttämiseksi voidaan aloittaa. BDA onkin tärkeässä asemassa toimitusketjun häiriörikkien vähentämisessä ja resilienssin rakentamisessa. (Singh & Singh, 2019) Taulukkoon 4 on koottu IoT:n ja BDA:n vaikutuksia luvussa 3 tunnistettuihin toimitusketjun resilienssin tekijöihin.

**Taulukko 4:** Esineiden internetin ja big data -analytiikan vaikutus toimitusketjun resilienssin tekijöihin.

	IoT	BDA
<b>Näkyvyys</b>	Älykkäistä laitteista kerätty tarkka, luotettava ja reaaliaikainen tieto eri toimitusketjun osista luo oikein käsiteltynä hyödyllistä informaatiota, jonka avulla saadaan ennennäkemätöntä näkyvyyttä toimitusketjuun ja siten ennakkovaroituksia tilanteista, jotka vaativat toimenpiteitä. Luotettavan ja virheettömän datan avulla saatu näkyvyys tukee päätöksentekoprosessia ja kasvattaa kuluttajien ja kumppaneiden luottamusta. (Ben-Daya et al., 2019; Al-Talib et al., 2020) Tuotteiden, palveluiden ja toimitusten reaaliaikainen seuranta (Al-Talib et al., 2020).	Mahdollistaa esimerkiksi mahdollisten myöhästymisten ennustamisen reaaliaikaisen liikenne- ja sijaintitiedon avulla (Kache & Seuring, 2017). Tuotantoennusteiden ja myyntidatan reaaliaikainen jakaminen toimittajien kanssa (Mandal, 2019). Kysyntärikkien alentuminen (Ivanov et al., 2019). Dubeyn et al. (2021) empiirisen tutkimuksen mukaan BDA:n avulla näkyvyys parantaa toimitusketjun resilienssiä. Myös Leen ja Manglarajin (2022) kirjallisuuskatsauksen mukaan BDA parantaa toimitusketjun näkyvyyttä, mutta tarkempia vaikutustapoja ei mainita.
<b>Yhteistyö</b>	Parantunut näkyvyys lisää luottamusta toimitusketjun kumppaneiden välillä, mutta myös asiakkaiden suuntaan. Toimitusketjun jäsenten toimintojen synkronointi ja jopa automatisointi. (Al-Talib et al., 2020)	Integroidut tiedonsiirtoalustat mahdollistavat informaation jakamisen, mikä on tärkeää yhteistyölle (Kache & Seuring, 2017).
<b>Ketteryys</b>	Varastonvalvonta tarkentuu ja tiedonkulun prosessit nopeutuvat (Al-Talib et al., 2020). IoT:n positiivinen vaikutus ketteryyteen mainittu myös Ben-Dayan et al. (2019) tutkimuksessa, mutta tarkempia vaikutustapoja ei ole mainittu.	Parempi näkyvyys johtaa myös parempaan ketteryyteen (Kache & Seuring, 2017). Toimitusketjun jäsenet voivat synkronoida toimintonsa, mikä mahdollistaa nopeamman reagoinnin muutoksiin (Mandal, 2019). Myös Dubeyn et al. (2019) empiirisen tutkimuksen mukaan BDA vaikuttaa positiivisesti toimitusketjun ketteryyteen, mutta tarkempia vaikutustapoja ei mainita.
<b>Nopeus</b>	Birkelin ja Hartmannin (2020) mukaan IoT mahdollistaa nopeamman reagoinnin häiriöihin, mutta tarkempia keinoja ei ole mainittu.	Nopeampi vastaus muuttuvassa ympäristössä (Schoenherr & Speier-Pero, 2015). BDA mahdollistaa näkemysten saamisen datasta, nopeiden päätösten tekemisen ja tehokkaiden toimien kehittämisen, jotta häiriötilanteisiin voidaan vastata paremmin, mikä parantaa resilienssiä (Iftikhar et al., 2022).
<b>Joustavuus</b>	Erilaiset sensorit ja koneoppiminen mahdollistavat ennakoivat toimenpiteet toimitusketjussa.	Tieto kysynnän ja kapasiteetin eroavaisuudesta sekä ymmärrys asiakkaiden ja toimittajien tarpeista

<b>Toimitusketjun (uudelleen)suunnittelu</b>	Reaaliaikainen seuranta ja tehokas tiedonkulku mahdollistavat varoitussignaalien lähettämisen ja nopean sekä tehokkaan reagoinnin ja päätöksenteon. IoT nopeuttaa toimitusketjun uudelleenjärjestelyä. (Al-Talib et al., 2020) Birkelin ja Hartmannin (2020) mukaan IoT edistää niin proaktiivisia kuin reaktiivisia strategioita, kuten näkyvyyttä, riskien vähentämiseen, mikä samalla edistää joustavuutta, mutta tarkempia vaikutuskeinoja ei ole mainittu.	mahdollistavat joustavuutta reagoida tehokkaasti varhaisessa vaiheessa odottamattomiin muutoksiin (Chavez et al., 2017). Eri lähteistä tuotetun operatiivisen tiedon määrä on niin suuri ja se on niin monipuolista, että BDA:n käyttöönotto on välttämätöntä toimitusketjun joustavuuden lisäämiseksi (Iftikhar et al., 2022).
<b>Riskienhallintakulttuuri / riskitietoisuus</b>	Toimittajavalinta, auditointien optimointi (Birkel & Hartmann, 2020)	Toimittajavalinta (Iftikhar et al., 2022). Toimittajariskien tunnistaminen (Ivanov et al., 2019). Potentiaalisten toimittajien suorituskykyä koskevien tietojen analysointi ja asianmukaisten päätösten tekeminen (Mandal, 2019). Aiempi kokemus riskitilanteista yhdessä BDA-kyvykkyyksien kanssa parantaa resilienssiä (Singh & Singh, 2019).
	Reaaliaikainen tieto suuresta määrästä tietolähteitä lisää riskitietoisuutta. Myös tietämys ulkoisista riskeistä kasvaa. Tietotekninen alusta riskeihin liittyvän tiedon jakamiselle. IoT:n avulla voidaan kerätä tietoa esimerkiksi sijainneista ja olosuhteista ja verrata tätä tietoa haluttuihin arvoihin, jolloin voidaan tunnistaa poikkeavat tilat ja siten saavuttaa reaaliaikaista läpinäkyvyyttä. Automaattinen riskien tunnistaminen vaatii kuitenkin ennalta määritellyjä, mitattavissa olevia tavoitearvoja, joten se soveltuu erityisesti mikroriskeille, joiden todennäköisyys on suuri, mutta vaikutus pieni. (Birkel & Hartmann, 2020)	

Kuten taulukosta 4 nähdään, IoT ja BDA vaikuttavat useisiin toimitusketjun resilienssin tekijöihin. Redundanssi on ainoa luvussa 3 esitelty resilienssin tekijä, johon nämä teknologiat eivät suoranaisesti vaikuta. Tämä on luonnollista, sillä IoT ja BDA liittyvät keskeisesti dataan ja sen käsittelyyn, eikä suoranaisesti lisää redundanssia eli esimerkiksi valmistuskapasiteettia tai varastoja. Taulukosta 4 voidaan myös huomata, että toimitusketjun resilienssin tekijät menevät jonkin verran päällekkäin toistensa kanssa. Esimerkiksi ketteryyden kohdalla on nostettu esille, että BDA mahdollistaa nopeamman reagoinnin muutokseen (Mandal, 2019), mutta nopeuden kohdalla viitataan myös siihen, että BDA mahdollistaa nopeamman reagoinnin muuttuvassa ympäristössä (Schoenherr & Speier-Pero, 2015). Myös joustavuuden kohdalla olevat asiat voisivat lukea myös ketteryyden alla. Tämä on luonnollista, sillä nopeus ja joustavuus voidaan nähdä ketteryyden aliteki-jöinä (Scholten et al., 2014).

Taulukosta 4 voidaan huomata myös, että IoT ja BDA vaikuttavat hyvin samanlaisiin asioihin. Tämä ei ole ihme, sillä teknologiat liittyvät läheisesti toisiinsa. IoT luo suuren määrän big dataa ja tämän tietomäärän tehokas käsittely vaatii big data -analytiikkataitoja (Al-Fuqaha et al., 2015). Voitaisiinkin ajatella, että IoT on osa BDA:ta, sillä IoT:n avulla voidaan kerätä big dataa BDA:ta varten. Tämä on nähtävissä taulukosta 4 esimerkiksi näkyvyyden kohdalta, sillä Kachen ja Seuringin (2017) mukaan BDA vaikuttaa positiivisesti logistiikkaan mahdollistaen muun muassa mahdollisten myöhästymisten ennustamisen reaaliaikaisen liikennetiedon ja tuotteiden sijaintitiedon avulla, mikä parantaa näkyvyyttä. Tämä reaaliaikainen liikenne- ja sijaintitieto on mitä luultavimmin peräisin IoT-laitteista.

Taulukosta 4 huomataan myös, että useissa tutkimuksissa mainitaan teknologian positiivinen vaikutus toimitusketjun resilienssiin, mutta tarkempia vaikutuskeinoja ei ole avattu tekstissä. Tämä kertoo osaltaan tutkimusalueen uutuudesta, sillä tutkimus ei ole vielä hirveän syvällistä. Kirjallisuuskatsauksen pohjalta voidaan kuitenkin todeta, että IoT ja BDA parantavat erityisesti toimitusketjun näkyvyyttä (Lee & Lee, 2015; Kache & Seuring, 2017; Ben-Daya et al., 2019; Ivanov et al., 2019; Mandal, 2019; Al-Talib et al., 2020; Dubey et al., 2021; Iftikhar et al., 2022; Lee & Mangalaraj, 2022). Molemmat teknologiat edistävät reaaliaikaisen tiedon saamista eri toimitusketjun osista. Tiedonjako potentiaalisista hallitsemattomista toimintahäiriöistä toimitusketjun kumppaneiden kesken on välttämätöntä, jotta voitaisiin tehdä oikea-aikaisia lieventämistoimia koko toimitusketjussa (Kache & Seuring, 2017).

Jotta yhteistyötä voitaisiin parantaa, tulee yritysten ensimmäiseksi vahvistaa tiedonjakoa toimitusketjun muiden jäsenten kanssa, jotta tiedon avoimuus paranee (Cui et al., 2022). Optimoitu informaation jakaminen toimitusketjun jäsenten kesken vaatii kuitenkin korkeaa luottamusta, mikä on hankalaa saavuttaa (Birkel & Hartmann, 2019). Tätä tukee myös Birkelin ja Hartmannin (2020) tutkimus, jossa kaikki tutkimuksen yritykset tunnistiivat IoT:n parantaneen oman organisaation näkyvyyttä, mutta heidän kokemuksensa mukaan heidän toimittajat eivät ole halukkaita jakamaan toimittajiensa tietoa. Myös Kache ja Seuring (2017) tunnistiivat yhteistyöhön liittyvät haasteet, sillä yhteistyön hyödyt eivät ole heti nähtävissä, minkä takia toimitusketjun osapuolet voivat olla vastahakoisia yhteistyön suhteen. Yhteistyön syventäminen voi kuitenkin olla toimitusketjujen riskien vähentämisen lisäksi keskeistä big data -analytiikan luoman informaation hyödyntämisessä. Joka tapauksessa kaikkien toimitusketjun osapuolten olisi tärkeää ymmärtää, että todelliset hyödyt voidaan saavuttaa, kun fyysisen toimitusketjun lisäksi voidaan tarkastella myös datan ja informaation toimitusketjua yhtenä kokonaisuutena. (Kache & Seuring, 2017) Cui et al. (2022) tutkimuksen mukaan usein toimitusketjun yhteistyön

esteenä onkin tavalliset olosuhteet, eikä teknologia. IoT ja BDA mahdollistavat siis toimitusketjun jäsenten välisen reaaliaikaisen tiedonjaon, mutta toimitusketjun jäsenten tulee olla myös halukkaita jakamaan tätä tietoa ja heidän välillensä tulee rakentaa luottamusta, jotta voitaisiin saavuttaa koko toimitusketjun kattava näkyvyys. Tämä olisi myös toimitusketjun resilienssin kannalta oleellista, jotta päätöksiä voitaisiin tehdä tietoon perustuen ja päätösten vaikutuksia muualle toimitusketjuun pystyttäisiin arvioimaan (Kamalahmadi & Parast, 2016).

Yhteistyön lisäksi Kache ja Seuring (2017) tunnistivat kolme muuta haastetta, joita big data -analytiikka tuo toimitusketjujen hallinnan näkökulmasta. Ensimmäinen näistä on big data -analytiikan hallinta ja vaatimustenmukaisuus. Toimitusketjun hallintorakenne tulisi kehittää, jotta BDA:ta voitaisiin hyödyntää tehokkaasti toimitusketjun toimijoiden kesken. Toinen haaste liittyy toimitusketjun yritysten hajanaisiin tietojärjestelmiin, jotka aiheuttavat uhan tietotekniikan tehokkuudelle vähentäen toimitusketjun näkyvyyttä. Kolmas haaste koskee tieto- ja kyberturvallisuutta. Big data -analytiikan hyödyntämisen esteenä voi olla haasteet tietoturvaluottuutta koskien, sillä tällöin yritykset voivat olla haluttomia jakamaan informaatiota muille toimitusketjun osapuolille. (Kache & Seuring, 2017) Ivanovin et al. (2019) mukaan BDA lisää koordinoinnin monimutkaisuutta, mikä lisää aikariskejä eli toimitusketjun prosessien viivästymisiä.

Myös IoT:seen liittyy haasteita, joita Ben-Daya et al. (2019) tunnistivat kirjallisuudesta. Ensinnäkin on puutteita tutkimuksista siitä, miten IoT:tä kannattaisi ottaa yrityksissä käyttöön toimitusketjujen näkökulmasta. Ei ole selkeitä viitekehyksiä siitä, mihin prosesseihin ja missä kohtaa toimitusketjua IoT:tä kannattaisi hyödyntää. Myöskään IoT:n tuomia toimitusketjuongelmia ei ole tuotu laajemmin esille, vaikka älykkäiden toimitusketjujen hallinta on erilaista tavallisiin toimitusketjuihin verrattuna. (Ben-Daya et al., 2019) IoT vaatii myös monimutkaista tiedonhallintaa ja sen kannattavuuden määrittäminen on hankalaa (Birkel & Hartmann, 2020). IoT sovellusten keräämä valtavan tietomäärän analysointi ja tiedonlouhinta vaatii vahvoja big data -analytiikkataitoja, mikä voi olla haaste monille lopputkäyttäjille (Xu et al., 2014; Lee & Lee, 2015). Yksityisyyteen ja turvallisuuteen liittyvät haasteet nousevat myös usein esiin IoT:tä koskevassa kirjallisuudessa (Al-Fuqaha et al., 2015; Lee & Lee, 2015).

## 5. PÄÄTELMÄT

Tämän työn tavoitteena oli selvittää, mikä on resilientti toimitusketju, minkälaisista tekijöistä se koostuu sekä miten esineiden internet ja big data -analytiikka pyrkivät vaikuttamaan toimitusketjun resilienssiin. Työssä huomattiin, että toimitusketjun resilienssi on suhteellisen uusi tutkimusalue ja sille löytyy kirjallisuudesta useita määritelmiä. Työssä luotiin kirjallisuuden pohjalta toimitusketjun resilienssille kokoava määritelmä, jonka mukaan se on toimitusketjun kyky olla varautunut häiriöiden varalta, reagoida häiriöihin nopeasti ja tehokkaasti sekä toipua niistä kustannustehokkaasti tai parhaimmillaan kasvaa siten, että toimitusketju on häiriön jälkeen paremmassa tilassa kuin ennen häiriötä. Toimitusketjun resilienssi koostuu siis neljästä vaiheesta valmiudesta, vastauksesta, toipumisesta ja kasvusta Hohensteinia et al. (2015) ja Tukamuhabwaa et al. (2015) mukaillen, sillä nämä vaiheet saavat tukea niin toimitusketjun resilienssin määritelmistä kuin muiden kirjailijoiden tunnistamista resilienssin vaiheista.

Tutkimustulokset osoittavat resilienssin tärkeyden nykypäivän toimitusketjujen hallinnassa. Toimitusketjuilla on oltava resilienssiä, jotta ne voisivat selviytyä lyhyellä aikavälillä, mutta myös pystyäkseen sopeutumaan muutoksiin ja menestyäkseen pitkällä aikavälillä (Pettit et al., 2010). Resilienssin avulla toimitusketjut voivat ehkäistä häiriötä ja niiden leviämistä toimitusketjussa sekä vähentää häiriöiden negatiivisia vaikutuksia toimitusketjuun (Hohenstein et al., 2015; Chowdhury & Quaddus, 2016; Kamalahmadi & Parast, 2016). Näin ollen resilienssin avulla toimitusketjut selviytyvät niin lyhyellä kuin pitkällä aikavälillä paremmin, sillä ne ovat varautuneita erilaisten häiriötilanteiden varalle ja osaavat reagoida niihin tehokkaammin. Toimitusketjujen häiriöt voivat aiheuttaa suuria kustannuksia (Pettit et al., 2013), mutta resilientit toimitusketjut voivat minimoida nämä kustannukset (Hosseini et al., 2019). Resilienssi mahdollistaakin toimitusketjujen toiminnan jatkuvuuden sekä suorituskyvyn ylläpidon tai jopa sen parantamisen pitkällä aikavälillä (Hohenstein et al., 2015; Hosseini et al., 2019).

Toimitusketjun resilienssi voidaan nähdä koostuvan erilaisista tekijöistä, joiden jaottelu kirjallisuudessa vaihtelee jonkin verran. Yhteistyö, ketteruus, näkyvyys ja joustavuus toistuivat toimitusketjun resilienssin kirjallisuudessa useimmiten, joten nämä tekijät tunnistettiin tärkeimmiksi toimitusketjun resilienssin tekijöiksi. Näiden lisäksi tärkeitä toimitusketjun resilienssin tekijöitä ovat toimitusketjun suunnittelu, riskienhallintakulttuuri, nopeus ja redundanssi. Kamalahmadi ja Parastia (2016) mukaillen täytyy kuitenkin muistaa, että nämä eri toimitusketjun resilienssin tekijät ovat riippuvaisia toisistaan, eikä niitä tulisi tarkastella erillisinä tekijöinä. Myös Ponomarov ja Holcomb (2009) huomauttavat,

ettei mikään yksittäinen kyvykkyys yksinään pysty luomaan kestävää kilpailuetua. Toimitusketjun resilienssin luominen ja ylläpito on prosessi itsessään eikä yksittäinen tapahtuma (Pettit et al., 2013).

Työssä tutkittiin myös IoT:ta ja big data -analytiikkaa ja tunnistettiin molempien teknologioiden potentiaali toimitusketjun resilienssin parantamisessa. IoT ja big data -analytiikka huomattiin liittyvän toisiinsa, sillä IoT:n avulla saadaan kerättyä valtava määrä dataa, jota big data -analytiikan avulla saadaan analysoida siten, että tästä valtavasta tietomäärästä saadaan luotua tärkeää tietämystä toimitusketjusta. IoT:n voidaankin nähdä olevan osa big data -analytiikan datan keräysvaihetta. Tämä IoT:n avulla kerätty reaaliaikainen data, joka käsitellään big data -analytiikan avulla, parantaa erityisesti toimitusketjun näkyvyyttä ja siten myös toimitusketjun resilienssiä (Lee & Lee, 2015; Kache & Seuring, 2017; Ben-Daya et al., 2019; Ivanov et al., 2019; Mandal, 2019; Al-Talib et al., 2020; Dubey et al., 2021; Iftikhar et al., 2022; Lee & Mangalaraj, 2022). Näkyvyyden lisäksi tunnistettiin, että IoT:lla ja big data -analytiikalla voi olla positiivista vaikutusta yhteistyöhön, ketteryuteen, nopeuteen, joustavuuteen, toimitusketjun suunnitteluun ja riskienhallintakulttuuriin. Taulukossa 4 on koottuna näiden teknologioiden vaikutus näihin eri toimitusketjun resilienssin tekijöihin.

IoT:n ja big data -teknologioiden kyky kerätä, varastoida, käsitellä ja jakaa dataa reaaliajassa lisää toimitusketjujen näkyvyyttä, mikä mahdollistaa nopeampien ja tehokkaampien päätösten tekemisen (Aryal et al., 2020). Teknologiat tarjoavat yritysten käyttöön suuren määrän reaaliaikaista, luotettavaa dataa, jota analysoimalla pystytään ennustamaan häiriötilanteita, tunnistamaan ne paremmin sekä reagoimaan niihin nopeammin ja tehokkaammin, mikä parantaa toimitusketjun resilienssiä. Suuren tietomäärän hankinta ja käsittelykyvystä on tullut myös tärkeä kilpailuedun lähde internetin ja big datan myötä (Cui et al., 2022). Kirjallisuudessa onkin huomattu, että IoT ja big data -analytiikka luovat uusia mahdollisuuksia kilpailuedun saavuttamiseksi (Al-Fuqaha et al., 2015; Fosso Wamba et al., 2015; Wang et al., 2016; Dubey et al., 2021; Birkel & Hartmann, 2020; Lee & Mangalaraj, 2022). Työssä tunnistettiin toimitusketjun resilienssin tärkeyden lisäksi IoT:n ja big data -analytiikan positiivinen vaikutus toimitusketjun resilienssiin ja samalla näiden teknologioiden kyky luoda kilpailuetua. Tästä voidaan päätellä, että IoT ja big data -analytiikka voivat olla tärkeitä teknologioita toimitusketjujen kilpailukyvyyn säilyttämisen ja resilienssin rakentamisen kannalta. Aryal et al. (2020) kuitenkin muistuttavat, että vaikka IoT ja big data kuulostavat houkuttelevilta monille yrityksille ja heidän toimitusketjuilleen, eivät ne ratkaise kaikkia ongelmia ja takaa kaikkien toimitusketjujen menestystä. Tehokkuuden ja vaikuttavuuden parantaminen perustuu ihmisten, prosessien ja teknologian oikeaan yhdistämiseen ja strategiseen integrointiin (Aryal et al., 2020).

Työssä tunnistettiin tarve teknologioiden tarkemmalle tutkimukselle toimitusketjun resilienssin näkökulmasta, sillä toistaiseksi kirjallisuudessa ei kerrota kovinkaan tarkasti teknologioiden vaikutuksesta resilienssiin. Monesti kirjallisuudessa todetaan, että IoT tai big data -analytiikka parantavat toimitusketjun resilienssiä tai jotain toimitusketjun resilienssin tiettyä tekijää, mutta syvälinen analyysi siitä, miten tämä käytännössä tapahtuu, puuttuu. Etenkin IoT:n kohdalla empiirisen tutkimuksen puute on suuri heikkous. Sen sijaan big data -analytiikasta löytyi myös empiirisiä tutkimuksia, jotka tukivat big data -analytiikan positiivista vaikutusta toimitusketjun resilienssiin, mutta näissäkin tutkimuksissa konkreettiset vaikutustavat jäivät usein epäselviksi. Tutkimuksen vähäisyyden ja kandidaatintyön laajuuden rajoittuvuuden vuoksi, ei siis vielä voida tehdä kovin luotettavia johtopäätöksiä IoT:n ja big data -analytiikan vaikuttavuudesta eri toimitusketjun resilienssin tekijöihin, mutta kirjallisuudessa on yhteisymmärrys siitä, että nämä teknologiat parantavat toimitusketjun resilienssiä (Mandal, 2019; Singh & Singh, 2019; Al-Talib et al., 2020; Dubey et al., 2021; Spieske & Birkel, 2021; Tortorella et al. 2021; Iftikhar et al., 2022; Lee & Mangalaraj, 2022).

Tutkimuksessa onnistuttiin vastaamaan kandidaatintyölle asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja työn tavoite saavutettiin, vaikka työtä rajoitti etenkin tutkimuksen vähäisyys IoT:n vaikutuksesta toimitusketjun resilienssiin. Kandidaatintyöhön valittu aineisto on kuitenkin vertaisarvioitua ja jornaalit ovat Julkaisufoorumin luokitukseltansa vähintään tasoa 1. Ainoa poikkeus tähän on työn johdannossa käytetty Fredericon (2021) artikkeli, joka on julkaistu Rajagiri Management Journal -lehdessä, jolle ei löydy Julkaisufoorumin luokitusta. Artikkelia on käytetty työssä vain työn taustan motivoinnissa alaluvussa 1.1. Työn teoria ja tulokset perustuvat siis luotettaviin artikkeleihin.

Tässä kandidaatintyössä tunnistettiin kirjallisuuden pohjalta kirjallisuudessa useimmiten esille nostetut toimitusketjun resilienssin tekijät, mutta jatkossa tutkijoiden olisi hyvä muodostaa konsensus tärkeimmistä toimitusketjun resilienssin tekijöistä. Näin tutkimuksessa pystyttäisiin keskittymään myös enemmän siihen, miten näitä tekijöitä voidaan käytännössä rakentaa toimitusketjuihin eli miten toimitusketjuista tehdään resilienttejä ja mitä taloudellisia vaikutuksia tällä on. Tukamuhabwa et al. (2015) tunnistivat toimitusketjun resilienssin tutkimuksissa pitkittäistutkimusten puutteen. Myös IoT:ta ja big data -analytiikkaa ja niiden vaikutusta toimitusketjun resilienssiin olisi hyvä tutkia myös pidemmällä aikavälillä. Teknologioiden tuomia haasteita ja heikkouksia toimitusketjun resilienssin näkökulmasta olisi hyvä tarkastella tarkemmin. Mielenkiintoista olisi selvittää esimerkiksi, miten käytäntöjä ja toimintamalleja tulee muuttaa uuden teknologian myötä.



## LÄHTEET

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M. & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Ali, I., Arslan, A., Khan, Z. & Tarba, S. Y. (2021). The Role of Industry 4.0 Technologies in Mitigating Supply Chain Disruption: Empirical Evidence From the Australian Food Processing Industry. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–11. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3088518>
- Al-Talib, M., Melhem, W. Y., Anosike, A. I., Garza Reyes, J. A., Nadeem, S. P. & kumar, A. (2020). Achieving resilience in the supply chain by applying IoT technology. *Procedia CIRP*, 91, 752–757. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.231>
- Aryal, A., Liao, Y., Nattuthurai, P. & Li, B. (2020). The emerging big data analytics and IoT in supply chain management: A systematic review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(2), 141–156. <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0149>
- Ben-Daya, M., Hassini, E. & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: A literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15–16), 4719–4742. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140>
- Birkel, H. S. & Hartmann, E. (2019). Impact of IoT challenges and risks for SCM. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(1), 39–61. <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0142>
- Birkel, H. S. & Hartmann, E. (2020). Internet of Things – the future of managing supply chain risks. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(5), 535–548. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2019-0356>
- Chavez, R., Yu, W., Jacobs, M. A. & Feng, M. (2017). Data-driven supply chains, manufacturing capability and customer satisfaction. *Production Planning and Control*, 28(11–12), 906–918. Scopus. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1336788>
- Chowdhury, M. M. H. & Quaddus, M. (2016). Supply chain readiness, response and recovery for resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(6), 709–731. <https://doi.org/10.1108/SCM-12-2015-0463>
- Chowdhury, M. M. H. & Quaddus, M. (2017). Supply chain resilience: Conceptualization and scale development using dynamic capability theory. *International Journal of Production Economics*, 188, 185–204. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.03.020>
- Christopher, M. & Peck, H. (2004). Building the Resilient Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–14. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>

- Craighead, C. W., Blackhurst, J., Rungtusanatham, M. J. & Handfield, R. B. (2007). The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities. *Decision Sciences*, 38(1), 131–156. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2007.00151.x>
- Cui, L., Gao, M., Dai, J. & Mou, J. (2022). Improving supply chain collaboration through operational excellence approaches: An IoT perspective. *Industrial Management & Data Systems*, 122(3), 565–591. <https://doi.org/10.1108/IMDS-01-2020-0016>
- Dubey, R., Gunasekaran, A. & Childe, S. J. (2019). Big data analytics capability in supply chain agility: The moderating effect of organizational flexibility. *Management Decision*, 57(8), 2092–2112. <https://doi.org/10.1108/MD-01-2018-0119>
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S. J., Fosso Wamba, S., Roubaud, D. & Foropon, C. (2021). Empirical investigation of data analytics capability and organizational flexibility as complements to supply chain resilience. *International Journal of Production Research*, 59(1), 110–128. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1582820>
- Fosso Wamba, S., Akter, S., Edwards, A., Chopin, G. & Gnanzou, D. (2015). How 'big data' can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study. *International Journal of Production Economics*, 165, 234–246. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.12.031>
- Frederico, G. F. (2021). Towards a Supply Chain 4.0 on the post-COVID-19 pandemic: A conceptual and strategic discussion for more resilient supply chains. *Rajagiri Management Journal*, 15(2), 94–104. <https://doi.org/10.1108/RAMJ-08-2020-0047>
- Gandomi, A. & Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, 35(2), 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007>
- Ghasemaghaei, M. (2021). Understanding the impact of big data on firm performance: The necessity of conceptually differentiating among big data characteristics. *International Journal of Information Management*, 57, 102055. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.102055>
- Gupta, D. & Rani, R. (2019). A study of big data evolution and research challenges. *Journal of Information Science*, 45(3), 322–340. <https://doi.org/10.1177/0165551518789880>
- Hohenstein, N.-O., Feisel, E., Hartmann, E. & Giunipero, L. (2015). Research on the phenomenon of supply chain resilience: A systematic review and paths for further investigation. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(1/2), 90–117. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-05-2013-0128>
- Hopkins, J. L. (2021). An investigation into emerging industry 4.0 technologies as drivers of supply chain innovation in Australia. *Computers in Industry*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103323>
- Hosseini, S., Ivanov, D. & Dolgui, A. (2019). Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis. *TRANSPORTATION RESEARCH PART E-*

*LOGISTICS AND TRANSPORTATION REVIEW*, 125, 285–307.  
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.03.001>

Iftikhar, A., Purvis, L., Giannoccaro, I. & Wang, Y. (2022). The impact of supply chain complexities on supply chain resilience: The mediating effect of big data analytics. *Production Planning & Control, ahead-of-print*(ahead-of-print), 1–21.  
<https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2032450>

Ivanov, D., Dolgui, A. & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 57(3), 829–846.  
<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>

Jüttner, U. & Maklan, S. (2011). Supply chain resilience in the global financial crisis: An empirical study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(4), 246–259. <https://doi.org/10.1108/13598541111139062>

Kache, F. & Seuring, S. (2017). Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data Analytics and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, 37(1), 10–36.  
<https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2015-0078>

Kamalahmadi, M. & Parast, M. M. (2016). A review of the literature on the principles of enterprise and supply chain resilience: Major findings and directions for future research. *International Journal of Production Economics*, 171, 116–133.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.10.023>

Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58(4), 431–440.  
<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>

Lee, I. & Mangalaraj, G. (2022). Big Data Analytics in Supply Chain Management: A Systematic Literature Review and Research Directions. *Big Data and Cognitive Computing*, 6(1), 17. <https://doi.org/10.3390/bdcc6010017>

Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H. & Zhao, W. (2017). A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(5), 1125–1142.  
<https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2683200>

Mandal, S. (2019). The influence of big data analytics management capabilities on supply chain preparedness, alertness and agility: An empirical investigation. *Information Technology & People*, 32(2), 297–318. <https://doi.org/10.1108/ITP-11-2017-0386>

Naimi, M. A., Faisal, M. N., Sobh, R. & Uddin, S. M. F. (2021). Antecedents and consequences of supply chain resilience and reconfiguration: An empirical study in an emerging economy. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(6), 1722–1745. <https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2020-0166>

Pettit, T. J., Croxton, K. L. & Fiksel, J. (2013). Ensuring Supply Chain Resilience: Development and Implementation of an Assessment Tool. *Journal of Business Logistics*, 34(1), 46–76. <https://doi.org/10.1111/jbl.12009>

- Pettit, T. J., Fiksel, J. & Croxton, K. L. (2010). Ensuring Supply Chain Resilience: Development of a Conceptual Framework. *Journal of Business Logistics*, 31(1), 1–21. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2010.tb00125.x>
- Ponomarov, S. Y. & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), 124–143. <https://doi.org/10.1108/09574090910954873>
- Schoenherr, T. & Speier-Pero, C. (2015). Data Science, Predictive Analytics, and Big Data in Supply Chain Management: Current State and Future Potential. *Journal of Business Logistics*, 36(1), 120–132. <https://doi.org/10.1111/jbl.12082>
- Scholten, K. & Schilder, S. (2015). The role of collaboration in supply chain resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(4), 471–484. <https://doi.org/10.1108/SCM-11-2014-0386>
- Scholten, K., Sharkey, S. P. & Fynes, B. (2014). Mitigation processes – antecedents for building supply chain resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 19(2), 211–228. <https://doi.org/10.1108/SCM-06-2013-0191>
- Sheffi, Y. & Rice, J. B. (2005). A Supply Chain View of the Resilient Enterprise. *MIT Sloan Management Review*, 47(1), 41–48.
- Singh, N. P. & Singh, S. (2019). Building supply chain risk resilience: Role of big data analytics in supply chain disruption mitigation. *Benchmarking: An International Journal*, 26(7), 2318–2342. <https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2018-0346>
- Spieske, A. & Birkel, H. (2021). Improving supply chain resilience through industry 4.0: A systematic literature review under the impressions of the COVID-19 pandemic. *Computers & Industrial Engineering*, 158, 107452. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107452>
- Tortorella, G., Fogliatto, F. S., Gao, S. & Chan, T.-K. (2021). Contributions of Industry 4.0 to supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, ahead-of-print(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/IJLM-12-2020-0494>
- Tukamuhabwa, B. R., Stevenson, M., Busby, J. & Zorzini, M. (2015). Supply chain resilience: Definition, review and theoretical foundations for further study. *International Journal of Production Research*, 53(18), 5592–5623. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1037934>
- Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E. W. T. & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176, 98–110. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.03.014>
- Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.197>
- Xu, L. D., He, W. & Li, S. (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.230075>

# LIITE A: TOIMITUSKETJUN RESILIENSSIN TEKIJÄT

	Christopher & Peck (2004)	Jüttner & Maklan (2011)	Scholten et al. (2014)	Hohenstein et al. (2015)	Tukamuhabwa et al. (2015)	Kamalahmadi & Parast (2016)	Chowdhury & Quaddus (2016)	Naimi et al. (2021)
Yhteistyö (engl. collaboration)	X	X	X	X	X	X	X	X
Ketteryys (engl. agility)	X		X	X	X	X		X
Näkyvyys (engl. visibility)	X	X	X	X	X	X	X	X
Nopeus (engl. velocity)	X	X	X	X		X		X
Joustavuus (engl. flexibility)	X	X	X	X	X	X	X	X
Redundanssi (engl. redundancy)				X	X	X	X	
Toimitusketjun (uudelleen)suunnittelu (engl. supply chain (re)engineering)	X		X	X		X		X
Riskienhallintakulttuuri (engl. risk management culture)	X			X		X	X	X
Riskitietoisuus (engl. risk awareness)			X					
Informaation jakaminen (engl. information sharing)			X	X		X	X	X
Toimitusketjun ymmärrys (kriittisten polkujen tunnistaminen ja riskirekisterin teko) (engl. supply chain understanding (critical path analysis and creating a supply chain risk register))	X							
Hankintastrategia (hankintapäätökset ja toimittajien kehittäminen) (engl. supply base strategy (sourcing decisions and supplier development))	X							
Tietämyksenhallinta (engl. knowledge management)			X					
Henkilöstön hallinta (engl. human resource management)				X				
Varastonhallinta (engl. inventory management)				X				
Jatkuvuussuunnitelmat (engl. contingency plans)				X				
Luottamus (engl. trust)						X		
Johtajuus (engl. leadership)						X		
Innovointi (engl. innovation)						X		
Toimitusketjuorientaatio (engl. supply chain orientation)							X	
Oppiminen ja kehittyminen (engl. learning and development)			X				X	
Vastaus (engl. response)							X	
Toipuminen (engl. recovery)							X	
Katastrofivalmius (engl. disaster preparation)							X	

X = ensisijainen resilienssin tekijä; X = toissijainen resilienssin tekijä