



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

DATA-ANALYTIikka TOIMITUSKETJUN RISKIENHALLINASSA

Jaakko Kaksonen

Ohjaaja: Osmo Kauppila

TUOTANTOTALOUS

Kandidaatintyö

Huhtikuu 2022

TIIVISTELMÄ

Data-analytiikka toimitusketjujen riskienhallinnassa

Jaakko Kaksonen

Oulun yliopisto, Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2022, 43 s.

Työn ohjaaja yliopistolla: Osmo Kauppila

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, miten data-analytiikkaa voidaan hyödyntää toimitusketjujen riskienhallinnassa. Tarkoituksena on tunnistaa eri strategisen ja operatiivisen tason data-analytiikan keinoja. Työssä perehdytään keinojen soveltamismahdollisuuksiin toimitusketjun hallinnan – ja riskienhallinnan näkökulmasta.

Tutkimus suoritetaan kirjallisuuskatsauksena, jossa tietoa etsitään useista erilaisista kirjoista ja tutkimusartikkeleista. Teoriaosiossa käydään läpi tärkeimmät työtä koskevat käsitteet ja muodostetaan teoreettinen viitekehys. Tutkimuksen tulokset esitetään analyysiosassa. Tulosten avulla voidaan tunnistaa data-analytiikan mahdollisuudet toimitusketjujen riskienhallinnassa. Samankaltaisia hyötyjä voitaisiin tunnistaa kaikenlaisissa toimitusketjuissa toimialasta riippumatta.

Työssä selviää, että data-analytiikan keinoin on mahdollista saavuttaa suuria hyötyjä toimitusketjun toiminnassa. Hyödyt ovat nähtävillä sekä strategisella että operatiivisella tasolla. Hyödyistä on nähtävillä selvä positiivinen syy-seuraussuhde riskienhallintaprosessiin ja sen toteuttamiseen. Lisäksi tutkimuksessa selviää, että digitalisaation ja big datan myötä data-analytiikan keinoille on entistä enemmän kysyntää. Haasteena data-analytiikan käyttöönotolle on yleensä rahallisten resurssien ja kyvykkäiden työntekijöiden puutteellisuus.

Asiasanat: riski, toimitusketju, toimitusketjun hallinta, toimitusketjun riskienhallinta, data-analytiikka

ABSTRACT

Data Analytics in Supply Chain Risk Management

Jaakko Kaksonen

University of Oulu, Industrial Engineering and Management

Bachelor's thesis 2022, 43 pp.

Supervisor at the university: Osmo Kauppila

The aim of this bachelor's thesis is to find out how data analytics can be utilized in supply chain risk management. The object of the study is to identify different means of data analytics at strategic and operational levels. This work examines the possibilities of applying the means from the point of view of supply chain management and risk management.

The research is conducted as a literature review, in which information is sought from several different books and research articles. Theory section reviews the main concepts of the work and forms a theoretical frame of reference. The results of the study are presented in the analysis section, and they can be used to identify the potential of data analytics in supply chain risk management. Similar benefits could be identified in all kinds of supply chains regardless of the industry.

In the paper it was discovered that with the help of data analytics it is possible to achieve great benefits in supply chain operation. The benefits can be seen at both strategic and operational levels. There is a clear positive cause-and-effect relationship between the benefits and risk management process and its execution. In addition, this study reveals that with digitalization and big data, there is an increasing demand for data analytics tools. Challenges in the introduction of data analytics are usually caused by the lack of financial resources and capable employees.

Keywords: risk, supply chain, supply chain management, supply chain risk management, data-analytics

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	5
1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	6
1.2 Tutkimuksen keskeiset käsitteet.....	7
2 TOIMITUSKETJUT JA NIIHIN LIITTYVÄT RISKIT	8
2.1 Riskienhallinta.....	9
2.2 Toimitusketjujen riskienhallinta.....	11
2.2.1 Erilaiset riskit toimitusketjussa.....	12
2.2.2 Riskienhallinnan toteuttaminen toimitusketjussa	13
3 DATA-ANALYTIikka.....	15
3.1 Analyysiprosessi	15
3.2 Big data	16
3.3 Big data-analytiikka	17
3.4 Toimitusketjun analytiikka.....	18
3.4.1 Tilastollinen analyysi.....	19
3.4.2 Simulointi	19
3.4.3 Optimointi.....	20
4 DATA-ANALYTIIKAN TUOMINEN OSAKSI TOIMITUSKETJUN RISKIENHALLINTAA	21
4.1 Data-analytiikka strategisen tason riskienhallinnassa	22
4.1.1 Toimitusketjun läpinäkyvyys.....	22
4.1.2 Logistiikka- ja toimitusketjustrategia	23
4.1.3 Tuotesuunnittelu- ja kehitys	25
4.2 Data-analytiikka operatiivisen tason riskienhallinnassa	26
4.2.1 Kysynnän suunnittelu ja hankinta.....	26
4.2.2 Tuotanto.....	27
4.2.3 Varastonhallinta ja logistiikka	28
4.3 Haasteet	29
5 POHDINTA JA YHTEENVETO	32
5.1 Tulevaisuuden näkymät	33
5.2 Kehityskohteet.....	35
5.3 Johtopäätökset ja jatkotutkimus	35
LÄHDELUETTELO.....	37

1 JOHDANTO

Nykyään dataa syntyy kaikkialla kaiken aikaa ja suurin osa sen potentiaalista jää käyttämättä. Datan määrän kasvu on ollut huimaa ja se jatkaa kasvuaan yhä enemmän ja enemmän, monenlaisissa muodoissa. Big data on yksi internetin megatrendeistä, joka omalla tavallaan erottaa menestyksekkäät yritykset muista. Big data-ajan menestyvä yritys kerää eniten dataa, yhdistää sen parhaiten muiden organisaatioiden dataan ja analysoi tätä kokonaisuutta tuottaen lisäarvoa (Salo 2013, s. 10–12). Sen menestyksekkäiden hyödyntäminen liiketoiminnassa luo kilpailuetua muihin nähden kuitenkin vain niin kauan kuin on yrityksiä, jotka eivät tätä hyödynnä.

Data ei kuitenkaan sellaisenaan tuota lisäarvoa yritykselle, vaan sitä pitää pystyä käsittelemään analyyttisin keinoin, jotta sen arvo saadaan ihmiselle ymmärrettävään muotoon. Tämän työn tarkoituksena on käydä läpi analyyttisiä keinoja, joilla datasta ja etenkin big datasta saadaan yritykselle hyötyjä riskienhallinnan alueella. Tieto ja syy-seuraussuhteiden tunteminen ovat hyödyllisiä yrityksen jokaisella osa-alueella, ja näitä soveltamalla on mahdollista sekä poistaa että pienentää riskejä ja niiden mahdollisuuksia sekä seurauksia.

Big data on osa isompaa digitalisaatiota. Digitalisaatiolla tarkoitetaan yhteiskunnallista prosessia, jossa teknologisen kehityksen luomia uusia mahdollisuuksia pyritään hyödyntämään (Alasoini, 2015). Toisin sanoen teknologiset kehitykset tulevat osaksi tavallista arkea ja samalla muuttaa kokonaisvaltaisesti kaikkea ympärillä olevaa liiketoimintaa. Esineiden internetillä tarkoitetaan ilmiötä, jossa globaaliin tietoverkkoon kytkeytyneiden laitteiden määrä kasvaa todella nopeasti ja tämän myötä virtaavan datan määrä lisääntyy, joka odottaa sen potentiaalinen toteutuminen (Salo 2013, s. 12–13). Esineiden internet helpottaa digitaalisten toimitusketjujen ja älykkäiden toimintojen kehittämistä, joka osaltaan luo uudenlaisia, tuntemattomia riskejä. Teollisuus 4.0 eli Industry 4.0 termiä käytetään kuvaamaan neljättä teollista vallankumousta. Tunnuksenomaisia piirteitä tälle aikakaudelle ovat esineiden internetiin ja teolliseen internetiin perustuvat ratkaisut. Kaikki nämä ovat osa isompaa digitaalista murrosta, jonka avainasemassa näyttelee data ja etenkin big data. Nämä kaikki ovat keskiössä etenkin toimitusketjujen uusien paradigmojen, periaatteiden ja mallien kehityksessä.

Data-analytiikan vaikutuksissa keskitytään toimitusketjujen hallinnan – ja riskienhallinnan aspektiin, joka on edelleen jaettu operatiiviseen ja strategiseen tasoon. Tämä helpottaa aiheeseen syventymistä, sillä keinot vaihtelevat strategisesta suunnittelusta aina ruohonjuuritason toimintoihin. G. Wang, Gunasekaran, Ngai ja Papadopoulos (2016) mainitsevat toimitusketjun hallinnan kohtaavan merkittävimmät haasteet, jotka voivat johtaa tehottomuuteen ja haaskaukseen toimitusketjussa. Yrityksillä on suuret odotukset data-analytiikan hyödyntämiseksi toimitusketjun toiminnoissa, jotta sitä uhkaaviin riskeihin ja epävarmuuksiin voidaan kohdentaa oikeita toimenpiteitä oikea-aikaisesti (G. Wang ym., 2016).

Aihe on todella ajankohtainen toimitusketjujen riskienhallinnan näkökulmasta kahdesta syystä: Ensinnäkin koronaviruspandemian luoma globaali sirupula on ollut erinomainen esimerkki riskien realisoitumisesta toimitusketjujen hallinnassa. Puolijohdeiden lisääntynyt käyttö useilla eri toimialoilla yhdistettynä tuotannon viivästyksiin synnyttävät pullonkaulan tuotantoon, jonka muodostamat viivästyksiset ulottuvat läpi toimitusketjun. Usealla yrityksellä mikrosirujen toimitus on yhden lähteen varassa, jolloin ainoa toimittaja on alihankkija. Kysynnän ja tarjonnan välillä on valtava ero, joka on yksi avainkysymyksistä toimitusketjujen riskienhallinnassa. Toisekseen Ukrainan tilanne on pakottanut monet kansainväliset yritykset pois Venäjältä, joka varsinkin suomalaisissa pörssiyrityksissä on liiketoiminnallisesti todella suuri takaisku.

1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tunnistaa ne data-analytiikan keinot, joita voidaan hyödyntää toimitusketjujen riskienhallinnassa. Tavoitteiden löytämiseksi on määritelty päätutkimuskysymys:

Miten data-analytiikka voi auttaa toimitusketjujen riskienhallinnassa?

Päätutkimuskysymyksen lisäksi tutkimuksen tavoitteiden saavuttamisen tukena on kaksi apukysymystä:

Miten data-analytiikan keinoja voidaan soveltaa toimitusketjujen riskienhallinnassa operatiivisella tasolla?

Miten data-analytiikan keinoja voidaan soveltaa toimitusketjujen riskienhallinnassa strategisella tasolla?

Kandidaatintutkimus toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, jonka tarkoituksena on luoda kattava kuva aiheen nykyisestä kirjallisuudesta. Tavoitteena on oppia ymmärtämään aihetta syvällisesti useasta eri näkökulmasta ja edelleen löytää tutkimusaukkoja eli mitä aiheesta tulisi tutkia lisää.

1.2 Tutkimuksen keskeiset käsitteet

Riski – Yleinen riskin määritelmä on jonkin epämieluisan asian tapahtuminen annetussa ajassa. Se voidaan ajatella kolmen osatekijän kokonaisuutena: jokin kielteinen tapahtuma, sen tapahtumisen todennäköisyys ja sen tapahtumisen seuraukset. (Merna & Al-Thani 2008, s. 11) Vastaavasti ISO 31000 (2018) standardin mukaan riskillä tarkoitetaan epävarmuuden vaikutusta tavoitteisiin.

Toimitusketju (engl. *Supply Chain*) – ””Supply Chain” on yrityksistä, niiden työntekijöistä ja yritysten muista resursseista sekä osapuolten välisistä tieto- ja rahavirroista koostuva kokonaisuus, jossa tuotteet tai palvelut siirtyvät tavaroita toimittavilta yrityksiltä fyysisesti tai virtuaalisesti asiakkaille ja viime kädessä lopullisille kuluttajille.” (Sakki, 2014).

Data – Datalla tarkoitetaan maailman faktoja ja se tulee useissa eri muodoissa, kuten nettisivuina, sensoreina, laitteina sekä äänenä ja videona. Data koostuu jalostamattomista faktoista ja numeroista, joten sillä ei ole tarkoitusta ennen sen prosessoimista. (Cuesta 2016, s. 9)

2 TOIMITUSKETJUT JA NIIHIN LIITTYVÄT RISKIT

Toimitusketjulla tarkoitetaan joukkoa yrityksiä, jotka välittävät materiaaleja eteenpäin. Normaalisti useita itsenäisiä yrityksiä on toimitusketjussa mukana tuotteen valmistuksessa ja sen saattamisessa loppukäyttäjän käsiin: Raaka-aineiden ja komponenttien tuottajat, tuotteiden kokoonpanijat, tukkukauppiat, vähittäiskauppiat ja kuljetusyrietykset ovat kaikki toimitusketjun jäseniä. Toisaalta toimitusketju voidaan määritellä myös organisaatioiden verkostona, jotka ovat osallisena linkitettyinä ylävirtaan tai alavirtaan erilaisissa arvoa tuottavissa prosesseissa ja toiminnoissa, jotka tuottavat loppukäyttäjälle arvoa tuotteiden ja palveluiden muodossa. Toisin sanoen toimitusketju koostuu useista yrityksistä sekä ylävirtaan (esimerkiksi toimitus) että alavirtaan (esimerkiksi jakelu) ja loppukäyttäjistä. (Mentzer, DeWitt, Keebler, Min, Nix, Smith & Zacharia, 2001)

Toimitusketjun hallinnalle (engl. supply chain management eli SCM) on olemassa useita erilaisia määritelmiä, joille kaikille yhteistä on useamman yrityksen tarvittava työpanos, jotta tavaratoimitus voidaan toteuttaa hankintalähteiltä käyttäjälle (Sakki, 2014). Edelleen toimitusketjun hallinnan määritelmä voidaan luokitella kolmeen eri kategoriaan: johtamisfilosofia, johtamisfilosofian implementointi ja joukko johtamisprosesseja (Mentzer ym., 2001).

Cooper, Lambert ja Pagh (1997) määrittelevät toimitusketjun hallinnan olevan integroiva filosofia, jolla hallitaan kokonaisvirtausta toimittajan jakelukanavista aina lopulliselle käyttäjälle (Cooper ym., 1997). Samaan tapaan Jonesin ja Rileyn (1985) mukaan toimitusketjun hallinta käsittelee materiaalien kokonaisvirtaa toimittajilta loppukäyttäjille (Jones & Riley, 1985). Stevensin (1989) hieman yksityiskohtaisempi selitys tuo hyvin esille toimitusketjun hallinnan käytännön tasolla. Hänen mukaansa toimitusketjun hallinnan tavoitteena on synkronoida asiakkaan vaatimukset toimittajan materiaalivirran kanssa. Tällöin aikaansaadaan tasapaino korkean asiakaspalvelun sekä alhaisten varastonhallinnan- ja yksikkökustannusten välillä, jotka usein nähdään eroavina tavoitteina (Stevens, 1989). Toimitusketjun hallinnan tehtävänä on siis tuottaa loppuasiakkaille sekä ketjun muille osapuolille mahdollisimman paljon arvoa mahdollisimman pienillä kokonaiskustannuksilla (Lehtonen 2004, s. 125).

Sakin (2014) mukaan erilaiset logistiset toimenpiteet, esimerkiksi tavaroiden käsittely, kuljetus ja varastointi, ovat merkittävä osa toimitusketjua. Tavarat vaativat kuitenkin liikkuaan tietoisimpulsseja, joten keskeisin keino toimitusketjun hallinnalle on tietovirtojen suunnittelu ja ohjaus. Näiden toimien tavoitteena on saada loppuasiakkaiden tarpeita koskeva tieto kaikkien toimitusketjun osapuolten käyttöön mahdollisimman hyvin, sillä sen avulla on mahdollista välttää monia virhearvioita. Toimitusketjun materiaalivirtoja ohjataan tietovirtojen avulla, jolloin oikeat tuotteet saadaan oikeaan paikkaan oikeassa ajassa. Tietovirta onkin yhä suuremmassa roolissa, koska turhaa tavaraa ei ole varaa kuljettaa eikä varastoida. Materiaalivirtojen ohjauksella pyritään minimoimaan toimitusketjun varrella olevat varastot ja täten lyhentää sen läpäisyäikää. (Lehtonen 2004, s. 113–116; Sakki, 2014) Kolmas oleellinen virta toimitusketjussa on rahavirta. Osapuolten välisten tietojen kulkiessa jouhevasti, toimitukset kulkevat nopeammin, jolloin asiakkaita päästään laskuttamaan nopeammin ja näin liiketoiminnan pyörittämiseen tarvitaan vähemmän pääomia. (Sakki, 2014)

Useat eri lähestymistavat on mahdollista tiivistää yhdeksi universaaliksi määritelmäksi, joka sopii hyvin tämän työn tarkoitukseen. Toimitusketjun hallinta määritellään toimitusketjuun kuuluvien yritysten tavallisten liiketoimintojen ja niiden toimenpiteiden systemaattiseksi ja strategiseksi koordinoinniksi, jonka tarkoituksena on parantaa yksittäisten yritysten ja koko toimitusketjun pitkän aikavälin suorituskykyä (Mentzer ym., 2001).

2.1 Riskienhallinta

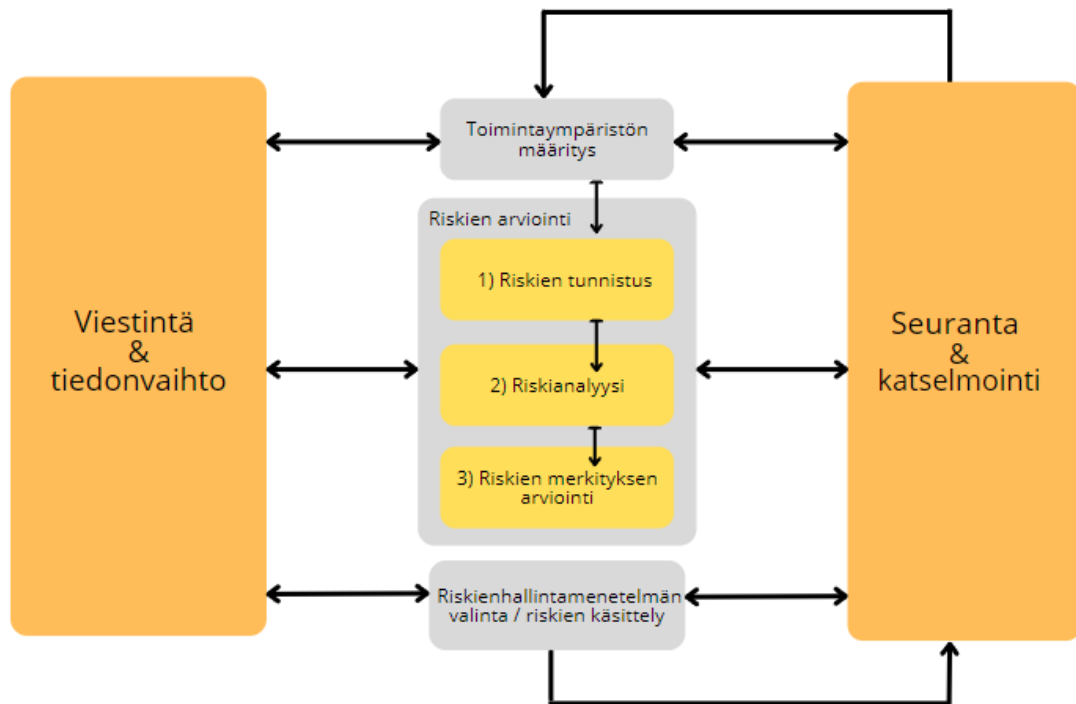
Kokonaisvaltainen riskienhallinnan kehittäminen on yhä useamman organisaation kiinnostuksen kohteena, sillä se nähdään merkittävänä kilpailukeinona riippumatta yrityksen koosta tai sen toimialasta (Juvonen, Koskensyrjä, Kuhanen, Ojala, Pentti, Porvari ja Talala 2014, s. 15–17). Itse riskienhallinta voi kuitenkin vaihdella eri organisaatioiden välillä asenteiden, kulttuurin ja käytäntöjen vuoksi (Meyer & Reniers 2016, s. 1–3).

Riskienhallinnalla tarkoitetaan yleisesti prosessia, jossa riskien negatiiviset vaikutukset pyritään minimoimaan ja samanaikaisesti positiiviset vaikutukset ja mahdollisuudet maksimoimaan (Dawson, Mawdesley & Askew, 1995; T. Merna & Al-Thani 2008, s. 57). Riskienhallinnaksi luokitellaan kaikki henkilön tai yrityksen teot, joiden avulla pyritään

muuttamaan liiketoiminnasta syntyviä riskejä (A. Merna & Smith, 1996). Perustasolla riskienhallinta sisältää riskien tunnistamisen, niiden todennäköisyyden ja vakavuuden ennustamisen, päätöksen etenemisestä niiden suhteen ja näiden päätöksien implementoinnin (T. Merna & Al-Thani 2008, s. 65).

Riskienhallinta tulisi nähdä jatkuvana ja kehittyvänä silmukkamaisena prosessina, joka kulkee suunnitelmallisesti koko organisaation strategian läpi (Airmic & IRM, 2002; T. Merna & Al-Thani 2008, s. 45). Tämä prosessi pitää integroida osaksi organisaatiokulttuuria, jolloin riskienhallintaa ei nähdä erillisenä johtamistoimintana vaan johtamisena yleisesti. Lisäksi sen täytyy muuntaa strategia operatiivisiksi tavoitteiksi siirtäen vastuun riskienhallinnasta yksittäisille työntekijöille ja heidän työnkuvauksiinsa. Täten se tukee vastuullisuutta, suoritusten mittaamista ja palkitsemista parantaen operatiivista tehokkuutta kaikilla organisaatiotasolla. (Airmic & IRM, 2002; Handy, 2011)

Yksi keskeinen osa riskienhallintaa on riskin määrittäminen ja analysointi, johon on olemassa kaksi pääasiallista menetelmää. Nämä ovat laadullinen- ja määrällinen riskianalyysi. Laadullinen analyysi koostuu riskien ja niiden tulosten kuvauksien listaamisesta, jonka avulla pyritään hahmottamaan riskin luonnetta ja ymmärtämään sitä. Näin on mahdollista kohdistaa resurssit kaikkein haavoittuvaisimpiin kohteisiin. Määrällisellä riskianalyysillä tarkoitetaan taas numeropohjaista, tilastollista dataa hyödyntävää menetelmää, johon yleensä käytetään tietokonepohjaista mallinnusta. Riskien määrittämisen ja analysoinnin tärkein tulos on lista tavoiteltavista mahdollisuuksista ja huomiota vaativista riskeistä. (T. Merna & Al-Thani 2008, s. 50–51)



Kuvio 1. Riskienhallintaprosessin tavoiteltu kulku (muokattu Juvonen ym. 2014, s. 18).

Meulbroek (2002) identifioi ytimekkäästi riskienhallintaan päämääränä olevan osakkeenomistajien arvon maksimoiminen (Meulbroek, 2002). Watersin (2007, s. 89) mukaan riskienhallinnan tavoite on kolmikerroksinen. Ensiksi riski tulee tunnistaa. Tämän jälkeen täytyy tehdä totuudenmukainen analyysi kyseistä yritystä koskevista riskeistä. Viimeisenä riskiin tulee vastata oikealla ja tehokkaalla tavalla (Waters 2007, s. 89). Riskienhallinnan tavoitteena ei siis ole luoda täysin riskitöntä liiketoimintaa, vaan saada sidosryhmät tietoisiksi sekä negatiivisista että positiivisista riskeistä, jotta heidän on mahdollista tehdä hyvin laskelmoituja riskejä ja hallita niitä tehokkaasti (Merna & Al-Thani 2008, s. 57).

2.2 Toimitusketjujen riskienhallinta

Er Karan, Oktayn, Firatin ja Ghadgen (2020) mukaan toimitusketjun riskienhallinta on käytännön tasolla systemaattinen lähestymistapa riskien tunnistamiseen, arvioimiseen ja lieventämiseen toimitusketjuissa. Edelleen, sillä tarkoitetaan toimitusketjun riskien hallitsemista koordinoinnin ja yhteistyön avulla toimitusketjun liikekumppaneiden kesken, jotta tuottavuus ja jatkuvuus varmistetaan (Tang, 2006). Toimitusketjun riskienhallinnan tavoitteena on ymmärtää riskit ja niiden vaikutukset, ja yrittää tehdä proaktiivisia ja ennaltaehkäiseviä toimia niiden lieventämiseksi (Er Kara ym., 2020).

Watersin (2007, s. 50) mukaan esimerkiksi toimittajien myöhästyneiden toimitusten riskin vähentäminen mahdollistaa yritykselle raaka-ainevaraston pienentämisen, jolloin nämä säästöt kompensoivat enemmän kuin toimitusketjun riskienhallinnasta syntyy vaivaa. Käyttämällä tätä menetelmää, Hewlett-Packardin hankintaosaston riskienhallintaohjelma on onnistunut säästämään yritykselle 100 miljoona dollaria viiden vuoden aikana (Waters 2007, s. 50).

2.2.1 Erilaiset riskit toimitusketjussa

Operatiivinen riski määritellään menetyksen riskinä, joka johtuu sopimattomista tai epäonnistuneista sisäisistä prosesseista, ihmisistä ja järjestelmistä tai ulkoisista tapahtumista (Mc Connell, 2004). Operatiivisilla riskeillä viitataan luontaisiin epävarmuuksiin, kuten epävarma asiakaskysyntä, toimitus ja hinta (Tang, 2006). Heckmannin, Comesin ja Nickelinin (2015) mukaan organisaatioiden tulee täysin ymmärtää toisiinsa kytkeytyvät seuraukset ja dynamiikat, jotka esiintyvät operatiivisten riskien yhteydessä. Operatiivinen riski heijastaa paremmin riskilähteiden kompleksisuutta, epävarmuutta ja diversiteettiä, jotka esiintyvät toimitusverkoissa. Täten se antaa paremman käsitteellisen pohjan toimitusketjun riskille (Heckmann ym., 2015).

Valtaosa toimitusketjun riskeistä kategorisoidaan operatiiviseksi, sillä se sisältää kaikki tapahtumat liittyen operatiivisen tehokkuuden epäonnistumiseen (Schlegel & Trent 2014, s. 127). Riskit toimitusketjussa koostuvat kaikesta, joka saattaa häiritä sujuvaa materiaalivirtaa ja täten neljä tukipilaria riskeille ovat toimitusriski, kysyntäriski, prosessiriski ja ympäristöriski (Schlegel & Trent 2014, s. 127; Waters 2007, s. 97). Yksinkertaisuudessaan toimitusketjun riski määritellään kysynnän ja tarjonnan yhteensopimattomuuden mahdollisuutena ja sen seurauksista (Jüttner, Peck & Christopher, 2003 via Heckmann ym., 2015). Suuren vaikutusalueen takia toimitusketjun riskien negatiiviset vaikutukset ovat usein melko vakavia (Schlegel & Trent 2014, s. 41).

Watersin (2007, s. 98–99) mukaan toimitusketjun riskit ovat organisaatioiden ulkopuolisia, mutta toimitusketjun sisällä ja ne ilmaantuvat toimitusketjun jäsenten välisistä vuorovaikutuksista (Waters 2007, s. 98–99). Yksityiskohtaisempi näkökulma kuvaa toimitusketjun riskit sisäisinä riskeinä, jotka ovat joko luontaisesti olemassa tai syntyvät suoraan johdon päätöksistä, riskeinä toimitusketjussa tai riskeinä ulkoisessa ympäristössä (Mason-Jones & Towill, 1998). 34 % toimitusketjun häiriöistä oli lähtöisin

sisäisistä operaatioista eli yritys oli itse vastuussa tästä, 15 % häiriöistä oli pääosin toimittajan vastuulla ja 13 % asiakkaan (Waters 2007, s. 97–98).

2.2.2 Riskienhallinnan toteuttaminen toimitusketjussa

On vahvasti todistettu, että toimitusketjun riskienhallinnan epäonnistumisella voi olla merkittäviä negatiivisia vaikutuksia organisaatioihin (Mitchell, 1995 via Khan & Burnes, 2007). Mahdollinen epäonnistuminen ei ainoastaan johda osakkeiden jyrkkään kurssilaskuun vaan se voi myös luoda ristiriitoja organisaation sidosryhmien välille (Hendricks & Singhal, 2005 via Khan & Burnes, 2007). Cousins, Lamming ja Bowen (2004) tunnistavat laajemmat seuraukset riskienhallinnan epäonnistumisesta toimitusketjussa. Nämä sisältävät taloudellisten tappioiden lisäksi tuotteiden laadun pienenemisen, omistuksen ja laitteiden vaurioitumisen, maineen menetyksen asiakkaiden, toimittajien ja laajemman yleisön silmissä, ja toimituksien myöhästymisen (Cousins ym., 2004). Voidaan myös todistettavasti sanoa toimitusketjun häiriöiden riskin mahdollisuuden nousseen viimeisen vuosikymmenen taloudellisen, poliittisen ja sosiaalisen kehityksen seurauksena, sillä toimitusketjut ovat yhä pidempiä ja monimutkaisempia ja sisältävät useampia liikekumppaneita maailmanlaajuisen hankinnan takia (Hendricks & Singhal, 2005 via Khan & Burnes, 2007).

Toimitusketjun riskienhallinta on vastuussa kaikista toimitusketjun riskien muodoista (Waters 2007, s. 81). Toimitusketjujen ja yleisesti kanssakäymisten verkostojen johtamisessa avaintekijänä on strategioiden kehittäminen, jotta tiettyjen verkoston jäsenten epäsovivan käyttäytymisen tai suorituskyvyn muodostamia riskejä voidaan vähentää (Ford, 1980; Hakansson, Gadde & Persson, 2010 via Khan & Burnes, 2007). Toimitusketjujen riskienhallinnan tulisi keskittyä organisaation asemointiin niin, että mahdollisilta riskipitoisilta tapahtumilta voidaan välttyä ja kehittää strategioita riskien vaikutusten hallintaan, mikäli niitä ei voida välttää (Harland, Brenchley & Walker, 2003). Edelleen riskien analysoinnin ja johtamisen painopiste tulisi siirtää yksittäisten asiakkaiden ja toimittajien tasolta kohti koko toimitusketjun ymmärtämistä ja riskienhallintaa (Khan & Burnes, 2007). Toimitusketjun riskienhallinnan tärkeä periaate on se, että sitä ei tule nähdä työtä ja kustannuksia lisäävänä ylimääräisenä taakkana vaan tapana vähentää kokonaiskustannuksia ja parantaa tehokkuutta (Waters 2007, s. 86–87).

Tang (2006) esittää neljä peruslähestymistapaa toimitusketjun riskien vaikutuksen pienentämiseksi, joita yritys voi ottaa käyttöön koordinoitusti. Nämä ovat tarjonnan

hallinta, kysynnän hallinta, tuotehallinta ja tiedonhallinta, jotka kaikki pyrkivät kehittämään toimitusketjun toimintaa koordinoinnin tai yhteistyön kautta. Ensinnäkin yritys voi harjoittaa näitä toimia tuotantoketjun alkupään kumppaneiden kanssa varmistaakseen tehokkaan materiaalitoimituksen toimitusketjussa. Toisekseen yritys voi koordinoita tai tehdä yhteistyötä tuotantoketjun loppupään kumppaneiden kanssa vaikuttaakseen kysyntään suotuisalla tavalla. Edelleen kolmanneksi yrityksen on mahdollista muokata tuotetta tai prosessisuunnittelua, jotta tarjonnan on helpompi vastata kysyntää. Viimeiseksi eli neljänneksi toimitusketjun kumppanit voivat parantaa heidän koordinoitiansa tai yhteistyötä, mikäli he pääsevät hyödyntämään yksityistä informaatiota, joka on saatavilla vain yksittäisille toimitusketjukumppaneille (Tang, 2006).

Toimitusketjun riskienhallinnan lähestymistavoista tulee kuitenkin muistaa yksi usein esiin tuleva haittapuoli: Minkä yksi henkilö näkee keinona vähentää riskiä, toinen näkee sen tapana lisätä riskiä (Khan & Burnes, 2007). Yhtenä selityksenä näkökulmien eroavaisuuksille lähestymistavoista vähentää riskiä pidetään tapauskohtaisuutta (Mitchell, 1995). Heckmannin ym. (2015) mukaan toimitusketjun riski on puhtaasti tapauskohtainen käsite. Tämän myötä toimitusketjun riskienhallinta tulee tapahtua aina organisaation sisäisten ymmärrysten ja kokemusten perusteella, jotta tapahtumat voidaan kategorisoida niiden todennäköisyyksien ja seurauksien perusteella (Heckmann ym., 2015).

Strategisella tasolla toimitusketjujen riskienhallinta sisältää päätöksiä hankinnan, toimitusketjun verkostojen suunnittelun ja tuotesuunnittelun – ja kehityksen suhteen. Operatiivisella tasolla päätökset rakentuvat kysynnän suunnittelun, hankinnan, tuotannon, varastonhallinnan ja logistiikan ympärille. (G. Wang ym., 2016) Tulee kuitenkin huomioida, että strategisen tason toimet vaikuttavat myös operatiiviselle tasolle ja toisinpäin.

3 DATA-ANALYTIikka

Ylén, Vainikainen, Pelkonen, Suominen, Mäntylä ja Oksanen (2018) luonnehtivat data-analytiikan käsitteen näin: ”Data-analytiikka kattaa erilaisia menetelmiä ja lähestymistapoja, joita yhdistää tavoite jalostaa tiedosta (data) korkeamman tason informaatiota ja malleja, jotka voidaan käyttää johtopäätösten tekemiseen.” (Ylén ym., 2018). Runklerin (2020, s. 2) mukaan data-analytiikka määritellään tietokonejärjestelmien soveltamisena suurten data-aineistojen analysoimiseksi päätöksenteon tueksi. Data-analytiikka on todella monitieteinen ala, joka on omaksunut näkökulmia monilta muilta tieteenaloilta, kuten tilastotieteeltä, koneoppimiselta, hahmontunnistukselta, systeemiteorialta, operaatiotutkimukselta tai tekoälyltä (Runkler 2020, s 2).

Yleensä data-analytiikka jaotellaan neljään eri ryhmään, jotka ovat deskriptiivinen (kuvaileva), diagnostinen (tutkiva), prediktiiivinen (ennustava), ja preskriptiivinen (ohjeellinen) analytiikka (Ylén ym., 2018). Kuvaileva analytiikka pyrkii vastaamaan kysymykseen *mikä tilanne on nyt*, käyttämällä perinteisiä tilastollisten menetelmien keinoja, jolloin aineistosta pystytään jalostamaan ihmiselle ymmärrettävissä olevia tunnuslukuja ja visualisointeja. Tutkivan analytiikan tavoitteena on saada aineistosta syvällisempi kuva, jotta taustalla olevista syistä ja vuorovaikutussuhteista saavutetaan perusteellinen käsitys. Näiden avulla vastataan tyypillisesti kysymykseen *tekijöiden vaikutuksesta nykytilanteen muodostumisessa*. Ennustavassa analytiikassa halutaan vastata kysymykseen *mitä kohteelle tapahtuu seuraavaksi* ennustamalla jonkin kohteen tuleva tila nykytiedon perusteella, tai ryhmittelemällä kohteet samankaltaisiksi ryhmiksi. Neljäs ryhmä eli ohjeellinen analytiikka vastaa tyypillisesti kysymykseen *mitä kannattaa tehdä, jotta saadaan haluttu vaikutus*. Se hyödyntää stokastista mallintamista ja simulointi- ja optimointimalleja, joiden tarkoituksena on auttaa löytämään parhaat keinot asetettujen tavoitteiden ja vaikutuksien saavuttamiseksi (Ylén ym., 2018).

3.1 Analyysiprosessi

Cuestan (2016, s. 13) mukaan ilmiöistä on mahdollista tehdä ennustuksia, jos siitä on kokonaisvaltainen ymmärrys. Data-analyysin avulla se on mahdollista, sillä se käy läpi menneisyyttä ja luomalla sen perusteella ennakoivia malleja (Cuesta 2016, s. 13).

Yleisesti data-analyysi koostuu useista eri vaiheista, jossa data määritellään ja valitaan, puhdistetaan ja suodatetaan, visualisoidaan ja analysoidaan ja lopuksi analyysin tuloksista tehdään johtopäätökset ja ne arvioidaan (Tsai, Lai, Chao & Vasilakos, 2015). Yksi yleisesti käytetty prosessimalli on KDD (knowledge discovery in databases), jossa pyritään löytämään tietoa tiedonlouhinnan avulla. Tiedonlouhinnan (eng. data mining) tavoitteena on saada tietoa datasta ”louhimalla”. Tässä asiayhteydessä tiedolla tarkoitetaan mielenkiintoisia malleja, jotka ovat yleisesti voimassa olevia, uudenlaisia, hyödyllisiä ja ymmärrettäviä ihmisille. (Runkler 2020, s. 2)

Ensiksi analyysiprosessissa kerätään data. Datan keräämisen jälkeen datasta etsitään informaatiota ja lopuksi tieto esitetään käyttäjälle. (Tsai ym., 2015) Data-analyysin avulla pyritään havaitsemaan datavirheet, tarkistamaan oletusten oikeellisuus, löytämään kätketyt mallit (kuten taipumukset), valitsemaan alustavat mallit ja määrittämään muuttujien suhteet (Cuesta 2016, s. 19).

Cuesta (2016, s. 17–18) kertoo, että dataa on mahdollista analysoida joko määrällisesti tai laadullisesti. Määrällinen data on numeerista mittaamista numeroiden muodossa, kun taas laadullinen data käsittelee tekstimuotoista kuvausta. Määrällinen analyysi sisältää numeerisen datan analysointia ja vastaavasti laadullinen analyysi tutkii yhteiskunnallisten ilmiöiden monimutkaisuutta ja merkitystä (Cuesta 2016, s. 17–18).

3.2 Big data

Big data termiä käytetään, kun data ylittää tyypillisen tietokannan prosessointikapasiteetin (Cuesta 2016, s. 19). Salon (2013, s. 20–21) mukaan big datan käsitteellä viitataan kahteen asiaan. Nopeasti kasvavan ja monipuolistuvan datan määrän luomaan haasteeseen organisaatioille ja yhteiskunnalle, ja tähän ongelmaan tarjottaviin ratkaisuihin. Dataa syntyy nykyään paljon ja teknologian kehittyessä määrä tulee jatkuvasti kasvamaan (Salo 2013, s. 20–21).

Big dataa voidaan lähestyä kolmen V-kirjaimen avulla. Ne tulevat sanoista *Volume*, *Velocity* ja *Variety* eli suomeksi volyyymi, vauhti ja vaihtelevuus. Volyymi viittaa havaittuun ongelmaan datan määrän eksponentiaalisesta kasvusta maailmassa. Vauhdilla taas tarkoitetaan kiihtyvää nopeutta, jolla tietojärjestelmiin syötetään dataa ja jolla se on saatava sieltä käyttöön. Vaihtelevuus kuvaa datan muuttumista edelleen

heterogeenisemmäksi samalla kun sen lähteet monipuolistuvat. Heterogeenisuus tarkoittaa datan jakamista karkeasti kahteen tyyppiin eli strukturoituun ja strukturoimattomaan dataan. Kuitenkaan datan monimuotoisuus ei nykypäivänä istu näihin raameihin, ja ääripäiden väliin mahtuu paljon välimuotoja, joista käytetään nimitystä semi-strukturoitu data. (Cuesta 2016, s. 19–20; Salo 2013, s. 21–28)

Datan volyyymi, vaihtelevuus ja vauhti saavuttavat poikkeuksellisia tasoja internetin, sensorien, laitteiden, äänen, videon, tietoverkon, lokitiedostojen, sosiaalisen median ja liiketoiminnallisten sovellusten myötä (Cuesta 2016, s. 19). Yhdistettäessä monipuoliset datalähteet ja datan kiihtyvän tahdin, voidaan hahmottaa ongelma, johon big data-ilmiossa haetaan vastausta. Kuinka voidaan siirtää, tallentaa, tarvittaessa yhdistää, monipuolisesti analysoida ja etenkin hyödyntää tehokkaasti kaikkea käsillä olevaa dataa (Salo 2013, s. 21).

Tiwari, Wee ja Daryanto (2018) kertovat, että big datan tutkimusta kehitetään ja laajennetaan jatkuvasti. Big datan tärkeimmät argumentit voidaan laajentaa ”5V”-käsitteeksi, jossa aikaisempien ”3V”-n, volyymin, vauhdin ja vaihtelevuuden, lisäksi otetaan huomioon datan todenmukaisuus ja sen arvo (Tiwari ym., 2018).

3.3 Big data-analytiikka

Tiwarin ym. (2018) mukaan big data-analytiikka termi voidaan määritellä kehittyneiden analyttisten menetelmien soveltamisena, johon sisältyy muun muassa tiedonlouhinta, tilastollinen analyysi ja ennustava analytiikka, suuriin datamääriin uutena liiketoimintatiedon (engl. *Business Intelligence*) hyödyntämisen käytäntönä. Se viittaa prosesseihin, joissa tutkitaan ja analysoidaan valtavia, vaihtelevan tyyppisiä datamääriä. Tavoitteena on paljastaa piilossa olevia malleja ja korrelaatioita, trendejä ja muuta liiketoiminnalle arvokasta tietoa, jotta liiketoiminnan hyötyjä ja operatiivista tehokkuutta voidaan lisätä. Lisäksi uusia markkinoita ja mahdollisuuksia pyritään tutkimaan (Tiwari ym., 2018). Datasta tunnistetut käyttäytymismallit lopulta mahdollistavat tulevan käyttäytymisen ennustamisen (Shmueli & Koppius, 2011).

Big data-analytiikka mahdollistaa käyttäjille kaapata, varastoida ja analysoida valtavia datamääriä niin organisaation sisältä kuin ulkopuolelta, useista eri lähteistä. Esimerkkejä lukuisista lähteistä ovat yrityksen tietokanta, sensoreiden kautta tuleva data (RFID),

matkapuhelimen tallenteet ja sijaintitiedot ja internet. Tarkoituksena on saada merkityksellisen ymmärrys niistä. (Tiwari ym., 2018)

3.4 Toimitusketjun analytiikka

Toimitusketjun hallinta on käyttänyt pitkän aikaa статистиikkaa ja toimintatutkimusta kysynnän ja tarjonnan yhteensovittamisen tavoitteiden saavuttamiseksi. Liiketoiminta-analytiikan käyttäminen yhdessä tietojärjestelmien kanssa on vahvasti kytköksissä toimitusketjun suorituskykyyn. Toimitusketjuanalytiikkaa voidaan käyttää kuvaamaan kehittyntä big data-analytiikkaa toimitusketjun hallinnassa. (Tiwari ym., 2018)

Toimitusketjuanalytiikka pyrkii vastaamaan data-analytiikalle ominaisiin kysymyksiin, joten se voidaan samaan tapaan jakaa kuvailevaan-, ennustavaan- ja ohjeelliseen analytiikkaan. Kuvaileva analytiikka yrittää tunnistaa mahdollisuuksia ja ongelmia käyttäen verkossa toimivia analyttisiä prosessointijärjestelmiä (OLAP) ja visualisointityökaluja tukenaan reaaliaikainen tieto- ja raportointiteknologia, kuten GPS, RFID ja tapahtumakoodi. Ennustavassa analytiikassa käytetään статистиikkaa, simulointia ja ohjelmointia datamallien löytämiseksi, joilla voidaan tarkasti ennustaa tulevaa ja saada selville syy sen takana tai vaihtoehtoisesti täydentää puuttuvaa tietoa. Näiden avulla voidaan helpottaa ennustamaan tuotannon kysyntää toimitusketjujen, liiketoimintojen ja varastotietojen kautta. Kolmas kategorisoitu menetelmä on ohjeellinen analytiikka, jolla ajetaan vaihtoehtoisia päätöksiä perustuen kuvailevaan ja ennustavaan analytiikkaan käyttämällä matemaattista optimointia, simulointia tai monikriteeristä päätöksentekoa. Jotkut suuremmat yritykset ovat onnistuneet optimoimaan tuotannon, aikataulutuksen ja varaston toimitusketjussa käyttämällä ohjeellista analytiikkaa. (Tiwari ym., 2018)

Taktinen ja operatiivinen toimitusketjuanalytiikka ovat kriittisessä asemassa toimitusketjun hallinnassa. Näihin sisältyy kysynnän suunnittelu, hankinta, tuotanto, inventaario ja logistiikka. (Tiwari ym., 2018) Toimitusketjun analytiikan avulla voidaan yhdistää eri toimitusketjun toiminnoista pirstaloituneet datat ja täten saavuttaa globaali optimointi (Ranjan, 2014).

3.4.1 Tilastollinen analyysi

Tilastollinen analyysi, simulointi ja optimointi ovat suosittuja tekniikoita toimitusketjuanalytiikassa, ja niitä voidaan pitää toimitusketjun päätöksenteon perustana (Fan, Heilig & Voß, 2015; G. Wang ym., 2016). Tilastollinen analyysi koostuu kahden tyyppisestä analyysistä, jotka ovat laadullinen ja määrällinen. Se on erityisen tärkeää tilanteissa, joissa käsitellään toimitusketjujen epävarmuutta, kuten inventaario-, jakelu- ja riskianalyysejä. (Tiwari ym., 2018) Molempia menetelmiä sovelletaan lyhyen tai keskipitkän aikavälin päätöksiin (G. Wang ym., 2016). Tilastolliset monimuuttujatekniikat ovat hyödyllisiä toimitusketjuverkostojen monitoroinnille, jonka avulla ei-toivottujen tilanteiden riski minimoidaan ja tehokas materiaalivirran hallinta varmistetaan (Mele, Musulin & Puigjaner, 2005).

Perinteiset tilastolliset menetelmät eivät enää nykypäivänä ole tehokkaita. Massiivinen datamäärä johtaa muun muassa heterogeenisuuteen ja ”datamelun” kerääntymiseen. Täten tehokkaiden tilastollisten menetelmien etsiminen on suuren mielenkiinnon kohteena. (Tiwari ym., 2018)

3.4.2 Simulointi

Mallintamisella ja simuloinnilla on tärkeä rooli big datassa, kun big data menetelmiä kehitetään (Tiwari ym., 2018). Ne auttavat kehittäjiä ajamaan ”mitä-jos” analyysejä erilaisilla järjestelmän konfiguraatioilla ja -monimutkaisuuksilla (Ranjan, 2014). Itse analyttisen prosessin sisällä simulointi mahdollistaa päätöksentekijälle sekä ennustavan että ohjeellisen analytiikan diagnostiikan (Tiwari ym., 2018).

Esimerkiksi ennustavana työkaluna, simulointi voi auttaa valmistajia ennustamaan koneiden ja lisälaitteiden tarvetta asiakkaan tilausennusteen perusteella ja oppimaan muusta datahistoria, kuten prosessin läpimenoajasta, suoritustehosta ja toimitustehokkuudesta. Samanlaista mallia voidaan käyttää ohjeelliseen analytiikkaan, jossa lisäksi simuloidaan mahdollisia muutoksia syöttöparametreihin parhaimman yhdistelmän löytämiseksi. (Tiwari ym., 2018) Llamasoft (2016) hahmottelee toimitusketjun simuloinnin mahdollisiksi käyttökohteiksi palvelun ennustamisen, inventaariokäytännön testaamisen, tuotantokapasiteetin analysoinnin, varojen hyödyntämistason määrittämisen ja optimoinnin tuloksen vahvistamisen (Llamasoft, 2016).

3.4.3 Optimointi

Optimointi-tekniikka on tehokas työkalu toimitusketjun data-analytiikkaan, joka pystyy muodostamaan kokonaisvaltaisen käsityksen monimutkaisesta järjestelmästä, jossa on useita tekijöitä ja rajoitteita, kuten kapasiteetti, reitti, kysynnän kattavuus ja todella suuri datamäärä (Balaraj, 2013; Tiwari ym., 2018). Toisin sanoen sillä pyritään löytämään paras vaihtoehto annettujen tekijöiden pohjalta. Täten optimointi auttaa analysoimaan toimitusketjun tehokkuutta eri mittareilla (G. Wang ym., 2016).

Optimoinnin käyttäminen osana toimitusketjun analytiikkaa auttaa parantamaan kysynnän ennustamisen ja toimitusketjun suunnittelun tarkkuutta (G. Wang ym., 2016). Lisäksi optimoinnin avulla voidaan löytää uuta dataa ja analysoida useita tavoitteita, kuten kustannusten vähentämistä ja kysynnän toteutumista. Edelleen liiketoiminnan tavoitteita on mahdollista saavuttaa toimitusketjun näkyvyyden optimoinnin kautta sekä skenaarioiden hallinnan, usean käyttäjän yhteistyön ja tehokkuuden seurannan avulla. (Tiwari ym., 2018)

4 DATA-ANALYTIIKAN TUOMINEN OSAKSI TOIMITUSKETJUN RISKIENHALLINTAA

On selvää, että organisaatiot eivät pysty hallitsemaan riskejään ilman heidän datansa ja informaation hallintaa nykypäivän tietoon perustuvassa liiketoimintaympäristössä (Er Kara ym., 2020). Yritysten tulee pystyä analysoimaan ja hallitsemaan datan kasvavaa määrää poimiakseen sen seasta tärkeät palaset ja edelleen syöttää tätä informaatiota osaksi päätöksentekoprosesseja. Mikäli saatavilla olevan datan louhinnassa epäonnistutaan ja täten todellinen, tarkka ja merkityksellinen data puuttuu, luo se riskin yritykselle ja myöhemmin toimitusketjulle, sillä päätökset tulee tehdä luotettavaan ja todisteisiin perustuvaan tietoon perustuen. Tämä pätee erityisesti toimitusketjujen hallinnassa, joka nojaa vahvasti oikeellisen ja ajantasaisen tiedon saatavuuteen liiketoiminnan toteuttamiseksi. (Gunasekaran & Ngai, 2004; Kache & Seuring, 2017; LaValle, Lesser, Shockley, Hopkins & Kruschwitz, 2011; Ross, Beath & Quaadgras, 2013) Asiantuntija-arvion soveltamisella voidaan esimerkiksi kehittää kestävyyttä ja vahvistaa kykyä lieventää riskejä ja epävarmuuksia (G. Wang ym., 2016).

Toimitusketjun riskienhallinnan strategiat riippuvat usein nopeasta ja mukautuvasta päätöksenteosta, joka perustuu mahdollisesti suurin, moniulotteisiin datalähteisiin. Nämä erityispiirteet tekevät siitä sopivan sovelluskohteen eri tekoälytekniikoille. (Baryannis, Validi, Dani & Antoniou, 2018) Lisäksi toimitusketjun suorituskyky on voimakkaasti riippuvainen informaatiosta, joten big data-analytiikan soveltamista toimitusketjun hallinnassa voidaan pitää otollisena (Kache & Seuring, 2017). Toimitusketjun riskienhallintajohtajat ovat kiinnostuneita päätöksenteon tuesta tunnistaakseen häiriöskenaariot, ymmärtääkseen alttiutta häiriöille tietyissä verkoston osissa ja vahvistaakseen niitä, seuratakseen ja tunnistaakseen häiriöt reaaliajassa ja määrittääkseen toimenpiteet häiriön aikana ja toipumiselle sen jälkeen (Ivanov & Dolgui, 2021).

Big data-analytiikan ”ennustava” luonne merkitsee todennäköisesti vallankumouksellista etua toimitusketjuille. Itsessään yritykset voisivat saavuttaa kustannussäästöjä käyttämällä big data-analytiikkaa: Odottamattomia laitteiden seisokkeja voidaan vähentää merkittävästi, jolloin yritykset pystyvät leikkaamaan puskurivarastojaan ja täten kumppaneiden on mahdollista harjoittaa leanimpaa toimitusketjua ja samalla eliminoida toimitusriskit. Datan oikea arvo voi olla piilotettu ja sitä voidaan hyödyntää vain käyttämällä tilastollisia malleja, jotka mahdollistivat mallinteiden tunnistamisen, kuten

indikaattorit laitteiden toimintahäiriöille. On kuitenkin välttämätöntä, että tiedot mahdollisista hallitsemattomista toimintahäiriöistä jaetaan toimitusketjun kumppaneiden kanssa, jotta koko ketjussa on mahdollista tehdä oikea-aikaisia lieventäviä toimia. (Kache & Seuring, 2017)

4.1 Data-analytiikka strategisen tason riskienhallinnassa

4.1.1 Toimitusketjun läpinäkyvyys

Kache ja Seuring (2017) listaavat tutkimuksessaan big data-analytiikan mahdollisuuksia strategisella ja operatiivisella tasolla. Tärkeimpänä tekijänä strategisesti nousee esille kuluttajakäyttäytyminen. Hyödyntämällä big data-analytiikkaa voidaan havaita paremmin kuluttajien käyttäytymistä ja päästä asiakkaan ”iholle”, jonka myötä asiakkaiden tarpeiden tunnistaminen onnistuu paremmin. Pelkkään asiakasvuorovaikutukseen keskittyminen jättämällä toimitusketjun vaikutukset huomioimatta laiminlöisi olennaista tarvetta päästä päähän näkyvyydelle toimitusketjun varrella. Toimitusketjun näkyvyydellä ja läpinäkyvyydellä viitataan ideaan, että kuluttajadatan yhdistäminen parantuneisiin tietojohdantamisen mahdollisuuksiin lisää tiedon näkyvyyttä. Tämä voidaan laajentaa sisältämään muita osapuolia valmistusverkostossa, joka parantaa läpinäkyvyyttä. Parannettua tiedon saatavuutta toimitusketjun näkyvyydestä ja läpinäkyvyydestä pidetään toiseksi merkittävimpänä mahdollisuutena. (Kache & Seuring, 2017)

Tiedon saatavuuden vauhdittama korkeatasoisempi läpinäkyvyys antaa kattavamman kuvan yrityksen toimitusketjun toiminnoista, joka on edellytys ja tärkeä tekijä toiminnan tehokkuuden ja ylläpitokyvyn optimoinnissa. Big data-analytiikan arvo realisoituu jatkuvassa optimoinnissa ja yrityksen tuotantoympäristön automaattisessa ohjauksessa, joka perustuu analytiikkalähtöiseen reaaliaikaiseen ymmärrykseen. Hyödyt ovat linkitettyinä myös optimoituun huoltoon, sillä laitteet voidaan ajaa alas huoltoa varten tapauskohtaisesti, eikä ennalta määrätyn aikataulun mukaan. Täten analytiikkalähtöinen monitorointi vähentää laitteiden seisokkeja ja sitä voidaan pitää tärkeänä tekijänä tuotantoympäristön kokonaissuorituskyvyn parantamisessa. (Kache & Seuring, 2017)

Big data-analytiikan avulla saavutettu korkeampitasoinen näkyvyys toimii ajurina aikatehokkuudelle, mikä on olennainen edellytys yrityksen vaadittavalle vastauskyvylle

ympäristövaikutuksiin reagoimisessa. Niinpä yritykset voivat reagoida nopeammin muuttuviin markkinaolosuhteisiin, mikä on mahdollista näkyvyyden ja informaattorikkaan ekosysteemin syvällisen ymmärtämisen kautta. Lisäksi saatavilla olevan informaation kentän kasvaessa uusia oivalluksia voidaan hyödyntää entisestään yrityksen kilpailuaseman parantamisessa. Olemassa olevia liiketoimintamalleja voidaan hienosäätää käyttämällä tarkempia datasettejä ja informaation avulla olemassa olevia liiketoimintamahdollisuuksia pystytään arvioimaan ja edelleen etsimään uusia. (Kache & Seuring, 2017)

Logistiikan optimoinnin edellytyksenä on reaaliaikaiseen päästä päähän tietoon pääsy ja sen hallinta, joka vaatii korkeatasoista toimitusketjun läpinäkyvyyttä. Big data-analytiikka mahdollistaa toimitusketjun päästä päähän näkyvyyden antamalla reaaliaikaisen pääsyn yrityksen ja toimitusketjun yksityiskohtaisiin tietoihin, joten näkyvyyden korkeampi taso johtaa ketterämpään ja tehokkaampaan toimitusketjuun. Jokainen sidosryhmä arvoketjussa hyötyy läpinäkyvyydestä, eivät vain edeltävät ja sitä seuraavat arvonluojat, sillä monitasoinen näkyvyys tekee toimitusketjusta dynaamisemman, joustavamman ja osallistavamman. (Kache & Seuring, 2017)

4.1.2 Logistiikka- ja toimitusketjustrategia

Toimittajille, jotka säännöllisesti epäonnistuvat toimituksissa, organisaatioiden tulee usein pitää suurempaa määrää tuotteita varastossa, mikä sitoo ylimääräistä käyttöpääomaa. Toimitushäiriöiden välttäminen vaatii huolellista, hyvän maineen omaavien toimittajien valintaa, yhteistyötä heidän kanssaan ja tapahtumien monitorointia häiriöiden välttämiseksi ja häiriöiden pienentämiseksi nopeasti. Organisaatiolla tulee myös olla mahdollisuus vaihtaa toimittajaa. (G. Wang ym., 2016)

Strateginen hankinta tarkoittaa yhteistoimintaa, jossa keskitytään toimittajasuhteiden hallintaan analysoimalla organisaation kulutuskustannuksia sekä hyödykkeiden ja palveluiden kustannustehokkaaseen hankintaan. Tämä auttaa yrityksiä optimoimaan taloudellista suorituskykyä, minimoimaan operatiivisia kustannuksia ja parantamaan toimittajiensa suorituskykyä. Toimitusketjun analytiikan avulla on mahdollista analysoida organisaation kuluprofiileja, hankintaprosesseja ja tulevaa kysyntää, jotta varmistetaan strategisen hankinnan olevan linjassa organisaation strategisissa tavoitteissa ja päämäärissä. Lisäksi toimitusketjun analytiikka helpottaa optimaalisten hankintastrategioiden kehittämistä arvioimalla toimitusmarkkinoiden trendejä ja

toimittajien panosta ja taloudellista kannattavuutta. Näiden strategioiden laatimiseen käytetään muun muassa kustannusmallinnusta ja riskiarviointia, jotta sopivat sopimusehdot voidaan määritellä ja näin saadaan optimaalinen arvolupaus. (G. Wang ym., 2016)

Tärkein mahdollisuus saatavilla olevan informaation lisääntyessä big data-analytiikan myötä toimitusketjussa, koskee potentiaalista yritysten välistä logistiikan optimointia. Hyötyihin sisältyy mahdollisuus paikantaa ja seurata tuotteita läpi toimitusketjun eri osien. Näin ollen reaaliaikaista osapuolten kesken jaettua liikennetietoa ja tuotteen tämänhetkistä sijaintia voidaan hyödyntää mahdollisten toimituksien viivästyksien ennustamiseen läpi koko toimitusketjun. Nämä tiedot ovat todella arvokkaita päätöksenteossa logistiikan suhteen. (Kache & Seuring, 2017)

Kache ja Seuring (2017) lisäävät, että yritysten tulee omaksua poikkifunktionaalisia integraatio – ja yhteistyömenetelmiä avainkumppaneiden kanssa, jotta big data-analytiikan mahdollistaman tiedon saatavuus voidaan hyödyntää. Tehostettu yhteistyö edistää luottamukseen perustuvaa kulttuuria toimitusketjujen suhteita rakennettaessa, joka osaltaan johtaa korkeamman tason tiedonjakoon osapuolten välillä. Ajatuksena on, että mikä tahansa yrityksen päätöksentekoon liittyvä tieto on saatavilla jossain toimitusketjun varrella. Tällainen integroitu tiedonvaihtoalusta yhdistettynä toimitusketjun korkeamman tason näkyvyyteen mahdollistaa todellisen yhteistyön koko toimitusketjun ekosysteemissä ja johtaa lopulta parempien tuotteiden toimittamiseen pienemmällä kustannuksella toimitusketjulle kokonaisuudessaan. (Kache & Seuring, 2017)

Parantamalla nykyisiä päätöksentekotyökaluja data-analytiikan avulla, toimitusketjun digitaalinen kaksonen – tietokoneistettu digitaalinen toimitusketjumalli, joka esittää verkoston tilaa millä tahansa hetkellä reaaliaikaisesti, mikä mahdollistaa täydellisen näkyvyyden toimitusketjun päästä päähän parantaakseen resilienssiä ja jatkuvuussuunnitelmien testaamiseksi – voidaan luoda. Digitaalinen kaksonen kuvaa fyysistä toimitusketjua ja perustuu todelliseen kuljetus-, inventaario-, kysyntä- ja kapasiteettidataan, jolloin niitä voidaan käyttää suunnitteluun ja reaaliaikaisiin kontrollointipäätöksiin. (Ivanov & Dolgui, 2021) Toimitusketjun riskienhallintajohtajat hyötyisivät työkaluista, jotka sisältävät data-analytiikkaa. Niiden avulla on mahdollista hyödyntää kasvavaa reaaliaikaista dataa ja valvontajärjestelmiä, ennustaa tulevaisuuden

vaikutusta ja reaktioita, optimoida strategiset ja logistiset sijaintipäätökset tehokkaan jatkuvuussuunnitelman toteuttamiseksi ja rakentaa yrityksen valvontatorneja. (Battarra, Balcik & Xu, 2018; Salman & Yücel, 2015)

Monimutkaisten optimointialgoritmien soveltaminen big data volyymeihin on avainasemassa tehtäessä tuotteista ja prosesseista yhtenäisempiä, joka mahdollistaa toimitusketjun toiminnan tekemisestä leanimpaa. Automatisoinnin ja ennakoivan analytiikan avulla kyetään lisäksi optimoimaan huolto – ja palvelukyvykkyys, joten big data-analytiikan käyttöönotto koko toimitusketjussa on sovelias työkalu omaisuuden hyödyntämistason parantamiseksi. Taloudellisesta näkökulmasta tämä ohjaisi toimitusketjun tuottavuutta. (Kache & Seuring, 2017)

4.1.3 Tuotesuunnittelu- ja kehitys

Painopisteen siirtyminen kohti yritysten verkostomaista rakennetta integroidussa toimitusketjussa vaikuttaa innovaatioiden hallintaan ja tuotesuunnitteluun, jotka ovat yhä enemmän siirtymässä pois puhtaasti sisäisestä tutkimuksesta ja tuotekehityksestä kohti toimitusketjun lähestymistavan yhdistämistä (Christensen, Olesen ja Kjær, 2005). Tuotesuunnittelun ja prototyypin luomisen läpimenoajan väheneminen parantuneen toimitusketjun näkyvyyden myötä on hyvä esimerkki aikahyödyistä, joita saadaan aikaan, kun tiedon saatavuus paranee toimitusketjun tasolla, erityisesti tarkasteltaessa innovaatiocykliä. Tuloksena tutkimuksen ja tuotekehityksen resurssit voidaan hyödyntää tehokkaasti, kun nopeutuneen innovaatioprosessin myötä yksiköille vapautuneet resurssit ovat käytettävissä muihin arvoa tuottaviin toimintoihin. (Kache & Seuring, 2017)

Tärkeästä tiedosta tulee avoimempaa ja sitä on saatavilla paljon useammin, kun osapuolet tekevät yhteistyötä ja jakavat näkemyksiä toimitusketjussa. Näiden toimien avulla suunnittelusykliä voidaan lyhentää ja suunnittelu voidaan suorittaa paremmalla tarkkuudella. Nämä johtavat tehokkaampiin varastohallintakäytäntöihin ja edelleen lopulta optimoituun inventaariovarastoon. (Kache & Seuring, 2017)

Tuotekehityksen yhtenäistäminen toimitusketjun kanssa kasvattaa kilpailuetua ja toimitusketjun resilienssiä (Khan, Christopher & Creazza, 2012). Tämän seurauksena toimitusketjun rajoitteet tulee integroida tuotekehitysvaiheeseen ja vastaavasti tuotteen erityispiirteet tulee huomioida suunniteltaessa toimitusketjun rakennetta. Big data-analytiikan avulla voidaan kerätä asiakasdataa esimerkiksi asiakkaan ostohistoriasta ja

verkkokäyttäytymisestä, jotka helpottavat suunnittelijoita ymmärtämään asiakkaiden vaatimuksia ja näin parantavat tuotteiden sopeutumiskykyä (Afshari & Peng, 2015; Jin, Y. Liu, Ji & H. Liu, 2016). Erinomainen esimerkki tästä on autoteollisuus, jossa big datan merkitys juontuu ajoneuvosta, joka tuo esille valtavat määrät suorituskykydataa ja asiakkaiden tarpeita (Johanson, Belenski, Jalminger, Fant & Gjertz, 2014). Autoteollisuudessa, vähittäiskaupassa ja kuljetuksessa käytettävien verkkoanturien määrä on lisääntynyt 30 % vuosittain, ja anturipohjaisen teknologian uskotaan alentavan operatiivisia kustannuksia merkittävästi, jopa neljänneksellä (Arunachalam, Kumar & Kawalek, 2018).

4.2 Data-analytiikka operatiivisen tason riskienhallinnassa

4.2.1 Kysynnän suunnittelu ja hankinta

Big datan avulla on mahdollista parantaa kysynnän ennustamista ja tuotannosuunnittelua. Big data-analytiikka mahdollistaa kysyntäsignaalien aistimisen, optimaalisen hinnan määrittämisen ja asiakkaiden lojaalisuusdatan seuraamisen. Nämä toiminnot auttavat tunnistamaan uusia markkinatrendejä ja määrittämään epäonnistumisien, ongelmien ja vikojen juurisyitä. (Tiwari ym., 2018) Kim (2016) on kehittänyt ennustamismallin käyttämällä hakukonekyselyiden big dataa lentomatkustajien lyhyen aikavälin kysynnän arvioimiseksi. Tulos on auttanut lentoaseman viranomaisia asettamaan sopivat toimintasuunnitelmat, 5.3 % keskimääräisellä ennustevirheellä (Kim, 2016).

G. Wang ym. (2016) kirjoittavat, että toimitusketjun analytiikkaa voidaan soveltaa hankintaan liittyvissä toimitusriskien ja toimittajien suorituskyvyn hallintaan. Suuri osa hankinnan datasta luodaan useista sekä sisäisistä että ulkoisista eri lähteistä ja sovelluksista, joka helpottaa kehittyneiden analytiikkamenetelmien käyttöä. Esimerkiksi DHL:n tapauksessa yhdistetty ulkoisen operatiivisen ja makrotaloudellisen datan käyttö lisää sen toimitusketjun toiminnan tehokkuutta (G. Wang ym., 2016). Toimitusketjun analytiikka tarjoaa hankinnan päätöksentekijöille mahdollisuuden yhtenäiseen datapohjaiseen analyysiin moniin tärkeisiin päätöksiin ja liiketoimintakysymyksiin, kuten laatuongelmiin ja materiaalin saatavuuteen (Souza, 2014).

Toimitusketjun analytiikka antaa organisaatioille mahdollisuuden erottaa riskit, jotka täytyy välttää niistä, jotka täytyy ottaa tunnistamalla trendejä ja tapahtumia monitoroimalla julkisesti saatavilla olevia uutisia ja sosiaalisen median kanavia yhteydessä toimittajiin tai tiettyihin hankintamarkkinoihin. Näin organisaatiot voivat pitää hallussaan jatkuvasti päivitettyä tietoa toimittajista ja hankintamarkkinoista ja reagoida nopeasti muutoksiin tai toimitusriskeihin, jopa varasuunnitelmien avulla. (G. Wang ym., 2016) Toimitusketjun riskien havaitseminen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa on tärkeää ja Fan ym. (2015) ehdottavat tähän viitekehystä, jonka avulla esimerkiksi uutiset ja sosiaalinen media voivat tiedottaa katastrofeista ja valuuttakurssien liikkeistä, jotka vaikuttavat toimitusketjuun. Viitekehys mahdollistaa reaaliaikaisen toimitusketjun riskienhallinnan monitoroinnin, hätäsuunnitelman tekemisen ja päätöksenteon tukemisen (Fan ym., 2015).

Toimitusketjun analytiikka on myös tehokas työkalu auttamaan organisaatioita mittaamaan, analysoimaan ja hallitsemaan toimittajiensa suorituskykyä paremman hankinnan aikaansaamiseksi. Kokonaisvaltaisesti keräämällä ja yhdistämällä kaikenlaista toimittajadataa globaalien organisaatioiden poikki, toimitusketjun analytiikalla voidaan nopeasti arvioida ja analysoida toimittajien suorituskykyä. Laatu, toimitusvarmuus, oikea-aikaisuus ja kulutusanalyysi ovat pääasialliset muuttujat, jotka auttavat hankintaorganisaatioita tekemään tietoisia päätöksiä. (G. Wang ym., 2016)

4.2.2 Tuotanto

Toimitusketjun analytiikka auttaa valmistajia ymmärtämään erilaisia tuotantokustannuksia ja kuinka ne vaikuttavat tulokseen. Sen soveltaminen tarjoaa hyödyllisiä näkökulmia tuotannon kapasiteettitasoista ja auttaa tuotannon säätämistä, jotta oikea yhdistelmä resursseja kohdistetaan oikeille tuotantolinjoille, jolloin materiaalihukka minimoidaan ja tuottavuus maksimoidaan. (G. Wang ym., 2016) Souza (2014) mukaan toimitusketjun analytiikka voidaan soveltaa tuotannon suunnitteluun sekä taktisella että operatiivisella tasolla kokonaissuunnittelua ja toimintojen aikataulutusta varten. G. Wang ym. (2016) jatkavat mainitsemalla, että kokonaissuunnittelun toteuttamiseksi toimitusketjun analytiikka mahdollistaa muun muassa kysynnän ja tarjonnan yhteensovittamiseen, varastonhallintaan ja budjetin ennustamiseen liittyvän päätöksenteon. Myyntiennusteiden ja resurssivaatimuksien jälkeen voidaan luoda erilaiset vaihtoehtoiset tuotantosuunnitelmat. Lisäksi

toimitusketjun analytiikka tarjoaa hyödyllisiä näkökulmia aikataulusongelmiin liittyvissä toiminnoissa sekä auttaa toimintojen järjestyksen ja työpisteiden mallintamisessa, jossa työ ja lähettäminen suoritetaan. (G. Wang ym., 2016)

Tehokkuus, vikojen seuranta ja tuotteiden laatu sekä tuotteiden valmistusprosessin ja toimitussuunnittelun kehittyminen ovat esimerkkejä big datan hyödyistä valmistusprosesseissa (L. Wang & Alexander, 2015). Valtava määrä dataa tulvii tuotantosektorille, sillä erilaisia elektronisia laitteita, antureita ja digitaalisia koneita, kuten RFID-tekniikkaa, käytetään myymäläkerroksissa, tuotantolinjoilla ja tehtaissa. Big data-analytiikan avulla valmistajat voivat rakentaa älykkään myymälälogistiikkajärjestelmän. Tämä tukee Cochranin, Kinardin ja Bin (2016) väitettä, että big data-analytiikan integroimisen osaksi valmistusjärjestelmän suunnittelua tulisi siirtyä kuvailevasta kohti ennustavaa järjestelmän suorituskykymallia, kuten ”mitä-jos” analyysiä, syy-seurausmallia ja simulointia tietyn ajanjakson kuluessa (Cochran ym., 2016).

4.2.3 Varastonhallinta ja logistiikka

Monipuoliset organisaation tarpeet ja kysynnän ja tarjonnan vaihtelut ovat esimerkkejä haasteista, jotka vaikuttavat inventaariotasoihin (Sage, 2013). Toimitusketjun analytiikka voi auttaa organisaatioita suunnittelemaan nykyaikaisia varastonoptimointijärjestelmiä, joita tarvitaan käsittelemään monimutkaisimpia tukku- ja vähittäiskaupan sekä monikanavaisen varastonhallinnan haasteita. Varastodatan kerääminen, prosessointi ja raportointi on mahdollista toimitusketjun analytiikan avulla. Täten varaston tehokkuutta voidaan lisätä ja vastaavasti käyttämällä tilastollisia ennustustekniikoita voidaan tarkasti ennustaa varaston tarpeita ja vastata tehokkaasti muuttuvaan asiakaskysyntään samaan aikaan kun varastokustannuksia lasketaan. Lisäksi toimitusketjun analytiikan avulla pystytään avustamaan varmuusvaraston optimointiin liittyvissä päätöksissä. (G. Wang ym., 2016)

Globaali logistiikka tuottaa valtavan määrän dataa, kun toimijat hallitsevat logistiikkatoimintojaan ja esimerkiksi RFID-tunnisteista, mobiililaitteista ja EDI-tapahtumista peräisin olevaa big dataa voidaan hyödyntää logistiikan suunnittelussa. Tämä koskee tuotteiden jakelua toimituspisteistä (eli tuotantolaitoksista tai varastoista) kysyntäpisteisiin (eli jälleenmyyjien toimipisteisiin) väliaikaisten varastointisolmujen kautta. Toimitushäiriöiden ja kysynnän epävarmuuden vuoksi ennustavat

analytiikkatyökalut ovat välttämättömiä suunniteltaessa toimitusketjun joustavuutta osaksi logistiikkatoimintoja. (G. Wang ym., 2016)

Logistiikan suunnittelussa on avainasemassa optimoida sekä työntekijöiden että kaluston reititys. Ajoneuvon reititysongelma pyrkii optimoimaan vierailtujen solmujen sarjaa reitillä ja optimoitu järjestys huomioi solmujen väliset etäisyydet ja reitin varrella olevat rajoitukset. Näillä toimilla halutaan löytää paras kombinaatio reitille kuljetuskustannusten ja katteiden tasapainottamiseksi, samalla huomioiden huollon tarve ja turvallisuus. (G. Wang ym., 2016) Ivanov ja Dolgui (2021) kertovat, että data-analytiikan kyvyt mahdollistavat nopean tunnistuksen kaikista tilauksista, joissa toimitusaika oli ylittynyt, joka edelleen mahdollistaa kyseenalaisten kuljetusten nopean tunnistamisen. DHL:n Resilience 360 avulla voidaan kattavasti hallita häiriöriskejä kartoittamalla toimitusketju päästä päähän, rakentamalla riskiprofiileja ja tunnistamalla kriittiset hotspotit. Näiden avulla lieventämistoiminta voidaan aloittaa ja toimituksia hälyttää lähes reaaliajassa tapahtumista, jotka saattavat häiritä toimitusketjua. (Ivanov & Dolgui, 2021; DHL, 2018)

4.3 Haasteet

Kachen ja Seuringin (2017) mukaan tehokkaan infrastruktuurin puute, joka sisältää teknologiaa, prosesseja ja ihmisiä, on keskeinen haaste reaaliaikaisen tiedon käsittelylle digitaalisessa liiketoimintaympäristössä. Yritysten ongelmana on löytää tapa perustella ja priorisoida big data-analytiikan edellyttämät teknologiainvestoinnit. Heillä ei ole selkeää ymmärrystä siitä, kuinka aloitteet voidaan ”myydä” sidosryhmille, kun huomioidaan sen arvo liiketoimintatavoitteiden saavuttamisessa ja lopulta aloitteet kohtaavat jatkuvia rahoitusvaikeuksia. (Kache & Seuring, 2017) Hazen, Hall ja Hanna (2012) korostavat toimivan IT-ympäristön ja oikean IT-infrastruktuurin merkitystä tehokkaalle yhteistyölle toimitusketjussa (Hazen ym., 2012). Osaavien ihmisten puutetta voidaan pitää myös keskeisenä ongelmana reaaliaikaisen tiedon käsittelyssä (Kache & Seuring, 2017). Vastaavasti Tiwari ym. (2018) kirjoittavat, että riittävistä resursseista ja analytiikkakyvykkyyksistä tulee monien toimitusketjujen suurin haaste (Tiwari ym., 2018).

Big data-analytiikan ominaisuuksien käyttöönotolle toimitusketjun laajuisesti erityisesti tietojen luovutus osastojen tai yritysten välillä on esteenä toiminnalle. Käyttökseen

hyödyksi tiedon hyödyntämisen potentiaalia läpi toimitusketjun, jokaisen osapuolen tulee osallistua ja tehdä osansa tiedon tuomiseksi kumppaneiden saataville. Yrityksillä on taipumuksena aliarvioida IT-implementointien suuruutta ja laajuutta, joka on sitäkin vaikeampaa, kun nämä verkostot on kytkettävä muiden teknologiseen kokonaisuuteen. (Kache & Seuring, 2017)

Ennakoivan analytiikan aloittaminen on aikaa vievää ja se sisältää useita eri kehitys-, testaus- ja mukauttamisvaiheita eri konteksteihin. Monimutkaisissa systeemeissä, kuten toimitusketjussa, big data-analytiikan käyttöönotto vaatii johdonmukaista tukea ylimmältä johdolta ja keskeisiltä sidosryhmiltä, sillä tulosten näkyminen voi kestää 12–18 kuukautta. Dataan käsiksi pääsemisen lisäksi ongelmana on sen yhdistäminen, validointi ja puhdistaminen, joka vaatii kattavaa sitoutumista projektihallintatiimiltä. (Arunachalam ym., 2018)

Big dataan ja sen käyttöön sekä käsittelyyn liittyy myös yksityisyyttä ja turvallisuutta koskevia huolenaiheita. Vanhentuneet regulaatiot ovat yksi suurimmista esteistä tiedon ja erityisesti kuluttajatiedon jakamisessa. Yksityisyys- ja turvallisuuslait sekä dataa koskeva lainsäädäntö voi olla vakava huolenaihe monikansallisille toimitusketjuille, jotka ovat velvollisia noudattamaan eri maiden lakeja jakaessaan dataa toimitusketjujen välillä. (Arunachalam ym., 2018)

Big data-analytiikka tuo mukanaan myös teknologisia haasteita. Ne eivät pelkästään koske toimitusketjua vaan yleisesti sitä tekniikkana ja soveltamiskohteena. X. Wang ja He (2016) ovat tiivistäneet haasteet kuudeksi pienemmäksi kokonaisuudeksi, jotka tekevät siitä huomattavasti haastavamman käsitellä kuin ”normaalikokoisen” data-analytiikan (X. Wang & He, 2016).



Kuvio 2. Kuusi pääasiallista haastetta big data-analytiikassa (muokattu X. Wang & He, 2016)

5 POHDINTA JA YHTEENVETO

Yritys on yhtä hyvä kuin toimitusketju sen takana ja se että, toimitusketju ei toimi tehokkaasti, on itsessään jo suuri riski. Tänä päivänä ja lähitulevaisuudessa toimitusketju on yhtä hyvä kuin sen takana oleva digitaalinen teknologia. (Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2019) Tiwari ym. (2018) kertoo, että big data-analytiikan yksi tärkeimmistä tavoitteista toimitusketjussa on hyödyntää dataa täysimääräisesti tuottavuuden parantamiseksi tarjoamalla oikeaa informaatiota oikealle käyttäjälle oikeaan aikaan (Tiwari ym., 2018). Data-analytiikan mahdollisuuksia on tarkoituksenmukaista tarkastella strategisella ja operatiivisella tasolla, sillä toimitusketjun riskienhallintastrategian jalkautus vaatii operatiivisen tason toimenpiteitä ja näin kokonaisuuksien jakaminen auttaa hahmottamaan yksittäisiä toimia paremmin.

Big data-analytiikalla on tärkeitä käyttökohteita toimitusketjun läpi päästä päähän, myyntipisteiden kysyntädatasta, jälleenmyyntidatasta, toimitusdatasta ja valmistusdatasta aina toimittajadataan asti. Big data-analytiikka tukee kaikkia toimitusketjun toimintoja sisältäen strategisen hankinnan, verkostosuunnittelun, tuotesuunnittelun- ja kehityksen, kysynnän suunnittelun, hankinnan, tuotannon ja varastonhallinnan aina logistiikkaan ja jakeluun asti sekä päinvastoin. Näiden datalähteiden tehokas käyttö johtaa lukuisiin parannuksiin toimitusketjun prosesseissa. (Tiwari ym., 2018) Data-analytiikan tärkein piirre toimitusketjun riskienhallinnalle on sellaisen informaation muodostaminen, joka muuten olisi jäänyt piiloon. Se antaa uudenlaisen näkökulman riskienhallintaa koskeviin aiheisiin tunnistamalla suurista datamääristä malleja, luomalla vaihtoehtoisia skenaarioita eri tekijöiden pohjalta ja optimoimalla toiminnot mahdollisimman kustannustehokkaaksi.

G. Wangin ym. (2016) mukaan toimitusketjun analytiikka auttaa organisaatioita mittaamaan eri osa-alueiden suorituskykyä toimitusketjun hallinnassa ja antaa mahdollisuuden luoda vertailuanalyyskejä lisäarvoa tuottavien toimintojen määrittämiseksi. Lisäksi sen avulla yritykset kykenevät seuraamaan näitä mittareita jatkuvasti, ratkaisemaan huonoon suorituskykyyn johtavat ongelmat ja tunnistamaan sen juurisyyn, jotka edelleen mahdollistavat parempien liiketoimintapäätösten tekemisen ja tarjoavat suuria parannuksia liiketoimintaprosessien kehittämisen myötä. (G. Wang ym., 2016) Data-analytiikan avulla on siis mahdollista saada todella laaja-alaisesti erilaisia hyötyjä toimitusketjun hallinnassa – ja riskienhallinnassa tilastollisen analyysin, simuloinnin ja optimoinnin keinoin. Ne mahdollistavat operatiivisen tehokkuuden

parantamisen, reaaliaikaisen monitoroinnin, eri skenaarioiden simuloinnin ja luotettavan tulevaisuuden ennustamisen. Nämä kaikki ovat kriittisessä asemassa, kun strategista ja operatiivista toimitusketjun toimintaa tarkastellaan riskienhallinnan näkökulmasta.

5.1 Tulevaisuuden näkymät

Ivanovin ym. (2019) mukaan toimitusketjun digitaalisen teknologian sovelluksien myötä kilpailu ei ole enää toimitusketjujen välillä. Pikemminkin se on toimitusketjun palveluiden ja toimitusketjun takana olevien analytiikka-algoritmien välillä. Kilpailu menestymisestä on yhä enemmän ja enemmän riippuvainen näistä algoritmeista yhdessä optimoinnin ja simulaatiomallien kanssa. (Ivanov ym., 2019)

Tiwari ym. (2018) argumentoivat, että big data voi olla tehokas työkalu toimitusketjujen eteenpäin viemiseksi. Big data lähteiden tehokas käyttö johtaa lukuisiin toimitusketjun prosessien parantamiseen. Ensinnäkin responsiivisten ja ketterien toimitusketjujen rakentaminen on mahdollista ymmärtämällä paremmin markkinatrendejä ja asiakkaiden mieltymyksiä. Big data-analytiikka voi helpottaa toimitusketjun reaaliaikaista seuranta, mikä nopeuttaa ja joustaa toimitusketjun päätöksentekoa, kun suorat datasyötteet useista datapisteistä tarjoavat mahdollisuuden ennustaa ja proaktiivisesti suunnitella toimitusketjun toimintoja. (Tiwari ym., 2018)

Hyödyntämällä jokaisessa toimitusketjun toiminnassa esineiden internetiä ja koneoppimista, voidaan rakentaa luotettava toimitusketju. Tulevia laitevikoja voidaan ennustaa tarkasti ja toimitusviivästyksiä kyetään välttämään analysoimalla GPS-dataa sekä liikenne- ja säätietoja, jolloin dynaaminen suunnittelu ja reittien optimointi on mahdollista. Esineiden internet kykenee reaaliaikaisen liikennetiedon avulla myös tarjoamaan parempaa toimitussuunnittelua, joka taas vaikuttaa positiivisesti polttoainekustannuksiin ja hiilidioksidipäästöihin. (Tiwari ym., 2018) Ympäristöasiat tulevat olemaan keskiössä erityisesti riskienhallinnan näkökulmasta tulevaisuudessa, sillä on yhä tärkeämpää kyetä vähentämään toimitusketjun päästöjä. Polttoainekustannusten ollessa nousussa täytyy operatiiviseen tehokkuuteen satsata paljon ja asiakkaiden arvostaessa entisestään ympäristöllisesti vastuullisia toimijoita, tulee se huomioida kaikessa päätöksenteossa.

Big datan avulla on mahdollista omaksua proaktiivinen reaktio reaktiivisen sijasta toimitusketjun riskeihin, joita ovat muun muassa epäonnistumiset toimituksissa ja operatiiviset- ja kontekstuaaliset häiriöt. Monimutkaisemmassa globaalissa toimitusketjussa big data-analytiikka voi auttaa toimitusketjun johtajia olemaan tietoisempia näistä tulevaisuuden ulkoisista tapahtumista. (Tiwari ym., 2018) Toimitusketju, joka kykenee parhaiten välttämään riskejä, minimoimaan niiden vaikutukset ja löytämään hedelmällisimmät mahdollisuudet, on kilpailukykyisin.

Tulevaisuus kuuluu niille yrityksille, jotka eivät vain hyväksy riskejä vaan myös ymmärtävät miten riskejä voidaan ennakoita ja kuinka niihin varaudutaan. Yritysten ymmärtäessä ja suunnitellessa riskejä paremmin, riskienhallinta-aloitteista tulee rutiininomaisempi osa toimitusketjun hallintaprosessia, jolloin muassa toimittajien auditointi, kehittäminen ja mittaaminen sekä toimittajasuhteiden hallinta ovat jokapäiväinen osa toimittajien hallintaa. Riskienhallinnan ollessa tunnustettu osa organisaation toimintakulttuuria, riskiasiat huomioidaan yhä useammin jo aikaisessa vaiheessa toimitusketjun päätöksiä tehtäessä. (Schlegel & Trent, 2014)

Schlegelin ja Trentin (2014) mukaan tehokkaan riskienhallinnan tulee pystyä ennakoimaan riskitapahtumat ennen kuin ne tapahtuvat tai tapahtuu jotain vakavampaan tappioon johtavaa sen sijaan, että tiedetään mitä on tapahtunut. Ennakoivaan analytiikkaan kykenevät työkalut ovat täten erittäin kysytyjä, kun tarkastellaan lähitulevaisuutta. Automaatio, reaaliaikaiset päivitykset ja monitorointi, mukaan lukien ne, jotka täyttävät tavallisten riskiarvioinnin jättämät aukot, on suunta, johon suurin osa yrityksistä siirtyy erityisesti kriittisten toimijoiden ja logistiikan tarjoajien kanssa (Schlegel & Trent, 2014). Tässä vaiheessa data-analytiikka näyttää pääosaa, sillä sen avulla näihin kysymyksiin on mahdollista vastata ja näyttää tulevaisuuden suuntaa toimitusketjujen riskienhallinnan kentällä.

Tulee kuitenkin huomioida, että data-analytiikkaan vaadittava teknologia ja osaaminen on vielä suhteellisen kallista, joten toimitusketjujen tilanteessa nousee esille kysymys siitä, että kuka maksaa investoinnin ja siitä syntyvät kustannukset. Toimitusketjussa ei riitä, että yhdellä toimijalla on erinomainen valmius käyttää viimeisintä teknologiaa. Tähän päteekin kliseinen sanonta, että toimitusketju on data-analytiikankin suhteen yhtä hyvä kuin sen heikoin lenkki.

5.2 Kehityskohteet

Ivanov ja Dolgui (2021) kirjoittavat, että mallipohjaisen ja datalähtöisen päätöksenteon tuen yhdistelmästä on tullut näkyvä tutkimustrendi viime aikoina. Mallipohjaisen päätöksentekotuen laatu on vahvasti riippuvainen sen datasta, datan valmiudesta, täysinäisyydestä, oikeudellisuudesta, johdonmukaisuudesta ja oikea-aikaisuudesta. Nämä datavaatimukset ovat erityisen tärkeitä toimitusketjujen riskienhallinnassa häiriöiden ennustamiseksi ja niihin reagoimiseksi. (Ivanov & Dolgui, 2021)

Big datan potentiaalisesta käytöstä huolimatta monet toimitusketjut eivät pysty hyödyntämään saatavilla olevan tiedon vaikutusvaltaa tuottaakseen hyödyllisiä näkemyksiä liiketoiminnalle. Taustalla olevat syyt johtuvat kyvyttömyydestä analysoida suuria tietomääriä ja/tai virheellisten tietojen käyttämisestä. Täten pyrkimykset vahvistaa toimitusketjun analytiikkakykyjä ovat tärkeä keskittymisen kohde kaikissa toimitusketjuissa. (Tiwari ym., 2018)

G. Wang ym. (2016) korostavat johtajien tärkeyttä kiinnittää huomiota erilaisiin menetelmiin ja tekniikoihin, jotta big datan hyödyt voidaan saada aikaan organisaatioissa ja toimitusketjuissa. Heidän mukaansa eri sidosryhmien ilmaiset tavoitteet, riskit ja vaatimukset sekä menetelmien ja tekniikoiden käyttöönottoon liittyvät kustannukset on otettava huomioon yhdessä big datan ongelmien luonteen tai johtajien tunnistamien mahdollisuuksien kanssa. Johtajien tulisi ottaa huomioon nämä tekijät ja mukauttamaan menetelmiä ja tekniikoita organisaatiolle ja toimitusketjulle sopivalla tavalla. Huomiota tulee kiinnittää paitsi analytiikan laajuuteen ja tehtävän kriittisyyteen asiakkaiden toiminnan kannalta, myös toimialatyyppeihin, organisaation tavoitteisiin ja päämääriin, markkinoihin ja organisaation tai toimitusketjun teknologiseen kyvykkyyteen ja kompetensseihin. (G. Wang ym., 2016)

5.3 Johtopäätökset ja jatkotutkimus

Tässä työssä käytiin läpi laajasti eri data-analytiikan mahdollisuuksia toimitusketjun riskienhallinnassa. Tarkastelun helpottamiseksi tutkittavat keinot on jaettu strategiselle ja operatiiviselle tasolle. Jaottelusta huolimatta nämä ovat vahvasti sitoutuneita toisiinsa, ja näin esiintyvät osittain hieman päällekkäin. Täten se on hieman keinotekoinen, mutta toimii tässä kontekstissa kuitenkin hyvin. Data-analytiikan keinoja on olemassa todella

runsaasti, joten tässä työssä voidaan tutkia niitä vain pääpiirteisesti. Tästä huolimatta työssä käydään läpi tärkeimmät kulmakivet, joiden ympärille kaikki riskienhallinnan keinot rakentuvat. Huomioitava asia on data-analytiikan jatkuva ja nopea kehittyminen, joka tekee melko uusistakin tutkimuksista vanhentuneita. Tämän vuoksi analyysiosassa on käytetty vain tuoreimpia lähteitä, jotta tieto olisi mahdollisimman ajankohtaista.

Puhtaasti toimitusketjujen riskienhallinnan näkökulmasta tarkastelevaa tutkimusta data-analytiikan keinojen vaikutuksesta on tehty melko vähän. Suurin osa käsittelee data-analytiikan mahdollisuuksia ja haasteita toimitusketjujen hallinnassa. Tämä on kuitenkin ymmärrettävää, sillä toimitusketjun riskienhallinta on osa toimitusketjun hallintaa ja se kuuluisi nähdä integroituna osana sitä, ei niinkään erillisenä ”vaivana”. Aihetta käsitellessä onkin tärkeä ymmärtää, että se missä toimitusketjun hallinta käsittelee kysynnän ja tarjonnan yhteensovittamista, sisältää se riskinäkökulman jo itsessään. Riskienhallinta pyrkii minimoimaan tilanteet, joissa tällainen tilanne realisoituisi.

Tämän tutkimuksen lähteissä on pääosin keskitytty data-analytiikan mahdollisuuksiin toimitusketjun riskienhallinnassa perustuen yritysten saavuttamiin sisäisiin ja ulkoisiin hyötyihin. Tutkimusaukkoja syntyy yritysten yhdenmukaisuudesta, sillä suurimmassa osassa on käytetty esimerkkinä suuria organisaatioita tai valtionyhtiöitä. Ehdottaisinkin jatkotutkimuksessa tutkittavan näitä mahdollisuuksia keskikokoisten ja pienten yritysten toimitusketjuissa, jossa investointeihin laitettavat rahamäärät ovat huomattavasti pienempiä. Tämän myötä olisi mahdollista selvittää voidaanko data-analytiikasta saada merkittäviä hyötyjä pienemmällä investointimäärällä, jos riskienhallinnan vaatimat prosessit ovat kunnossa ja yrityksen strategia näiden tekijöiden suhteen on esimerkillinen.

LÄHDELUETTELO

- Afshari, H., & Peng, Q. (2015). Using big data to minimize uncertainty effects in adaptable product design. *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, 57113, V004T05A052.
- Airmic, A., & IRM, A. (2002). *A Risk Management Standard*.
- Alasoini, T. (2015, February). *Digitalisaatio muuttaa työtä—millaista työelämää uudistavaa innovaatiopolitiikkaa tarvitaan*.
- Arunachalam, D., Kumar, N., & Kawalek, J. P. (2018). Understanding big data analytics capabilities in supply chain management: Unravelling the issues, challenges and implications for practice. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 114, 416–436.
- Balaraj, S. (2013). Optimization model for improving supply chain visibility. *Infosys Labs Briefings*, 11(1), 9–19.
- Baryannis, G., Validi, S., Dani, S., & Antoniou, G. (2018). *Supply Chain Risk Management and Artificial Intelligence: State of the Art and Future Research Directions*. <https://www.ibm.com/watson/>
- Battarra, M., Balcik, B., & Xu, H. (2018). Disaster preparedness using risk-assessment methods from earthquake engineering. *European Journal of Operational Research*, 269(2), 423–435.
- Better inventory management: Big Challenges, Big Data, Emerging Solutions. (2013, maaliskuu 22). Sage. Viitattu 25.3.2022, saatavilla: <http://na.sage.com/media/site/erp/responsive/resources/Sage-ERP-Better-Inventory-Management-wp.pdf>
- Christensen, J. F., Olesen, M. H., & Kjær, J. S. (2005). The industrial dynamics of Open Innovation—Evidence from the transformation of consumer electronics. *Research Policy*, 34(10), 1533–1549.

- Cochran, D. S., Kinard, D., & Bi, Z. (2016). Manufacturing system design meets big data analytics for continuous improvement. *Procedia CIRP*, 50, 647–652.
- Cooper, M. C., Lambert, D. M., & Pagh, J. D. (1997). Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.1108/09574099710805556>
- Cousins, P. D., Lamming, R. C., & Bowen, F. (2004). The role of risk in environment-related supplier initiatives. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(6), 554–565. <https://doi.org/10.1108/01443570410538104>
- Cuesta, Hector. (2016). *Practical data analysis*. Packt.
- Dawson, P. J., Mawdesley, M. J., & Askew, W. H. (1995). A Risk Perspective Approach to Risk Management. *A Construction Organisation: First International Conference on Construction Project Management, Singapore*.
- DHL. (2018, maaliskuu 22). Viitattu 18.3.2022, saatavilla: <https://resilience360.com/>
- Er Kara, M., Oktay Firat, S. Ü., & Ghadge, A. (2020). A data mining-based framework for supply chain risk management. *Computers and Industrial Engineering*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.017>
- Fan, Y., Heilig, L., & Voß, S. (2015). Supply chain risk management in the era of big data. In *Design, User Experience, and Usability: Design Discourse* (pp. 283–294). Springer.
- Ford, D. (1980). The Development of Buyer-Seller Relationships in Industrial Markets. *European Journal of Marketing*, 14(5/6), 339–353. <https://doi.org/10.1108/EUM0000000004910>
- Gunasekaran, A., & Ngai, E. W. T. (2004). Information systems in supply chain integration and management. *European Journal of Operational Research*, 159(2), 269–295.

- Hakansson, H., Gadde, L.-E., & Persson, G. (2010). *Supply network strategies*.
<https://research.chalmers.se/publication/126047>
- Handy, C. (2011). *Beyond certainty: the changing worlds of organisations*.
- Harland, C., Brenchley, R., & Walker, H. (2003). Risk in supply networks. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 9(2), 51–62.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1478-4092\(03\)00004-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1478-4092(03)00004-9)
- Hazen, B. T., Hall, D. J., & Hanna, J. B. (2012). Reverse logistics disposition decision-making: Developing a decision framework via content analysis. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- Heckmann, I., Comes, T., & Nickel, S. (2015). A critical review on supply chain risk - Definition, measure and modeling. In *Omega (United Kingdom)* (Vol. 52, pp. 119–132). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.10.004>
- Hendricks, K. B., & Singhal, V. R. (2005). *An Empirical Analysis of the Effect of Supply Chain Disruptions on Long-Run Stock Price Performance and Equity Risk of the Firm*.
- ISO 31000 (2018). Risk management – Guidelines. 2nd edition. International Organization for Standardization: 16 s. Viitattu 3.2.2022, saatavilla: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:e>
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), 775–788.
- 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>

- Jin, J., Liu, Y., Ji, P., & Liu, H. (2016). Understanding big consumer opinion data for market-driven product design. *International Journal of Production Research*, 54(10), 3019–3041.
- Johanson, M., Belenki, S., Jalminger, J., Fant, M., & Gjertz, M. (2014). Big automotive data: Leveraging large volumes of data for knowledge-driven product development. *2014 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 736–741.
- Jones, T. C., & Riley, D. W. (1985). Using Inventory for Competitive Advantage through Supply Chain Management. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 15(5), 16–26. <https://doi.org/10.1108/eb014615>
- Jüttner, U., Peck, H., & Christopher, M. (2003). Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 6(4), 197–210. <https://doi.org/10.1080/13675560310001627016>
- Juvonen, M., Koskensyrjä, M., Kuhanen, L., Ojala, V., Pentti, A., Porvari, P., & Talala, T. (2014). *Yrityksen riskienhallinta*. Finanssi ja vakuutuskustannus FINVA.
- 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>
- Khan, O., & Burnes, B. (2007). Risk and supply chain management: Creating a research agenda. *The International Journal of Logistics Management*, 18(2), 197–216. <https://doi.org/10.1108/09574090710816931>
- Khan, O., Christopher, M., & Creazza, A. (2012). Aligning product design with the supply chain: a case study. *Supply Chain Management: An International Journal*.
- Kim, S. (2016). Forecasting short-term air passenger demand using big data from search engine queries. *Automation in Construction*, 70, 98–108.

- LaValle, S., Lesser, E., Shockley, R., Hopkins, M. S., & Kruschwitz, N. (2011). Big data, analytics and the path from insights to value. *MIT Sloan Management Review*, 52(2), 21–32.
- Llamasoft. (2016, Elokuu 14). *Supply chain simulation: why its time has come*. LLamasoft White Paper. Viitattu 21.3.2022, saatavilla: <http://www.llamasoft.com/supply-chain-simulation-time-come-white-paper/>
- Lehtonen, J.-M. (2004). *Tuotantotalous*. WSOY.
- Mason-Jones, R., & Towill, D. R. (1998). Time compression in the supply chain: information management is the vital ingredient. *Logistics Information Management*, 11(2), 93–104. <https://doi.org/10.1108/09576059810209964>
- Mc Connell, P. (2004). *Measuring Operational Risk Management Systems under Basel II*.
- Mele, F. D., Musulin, E., & Puigjaner, L. (2005). Supply chain monitoring: a statistical approach. In L. Puigjaner & A. Espuña (Eds.), *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 20, pp. 1375–1380). Elsevier. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1570-7946\(05\)80071-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1570-7946(05)80071-9)
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). DEFINING SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>
- Merna, A., & Smith, N. J. (1996). Projects Procured by Privately Financed Concession Contracts. *Asia Law & Practice, Hong Kong*, 1 & 2.
- Merna, T., & Al-Thani, F. (2008). *Corporate Risk Management 2nd Edition*.
- Meulbroek, L. K. (2002). *Integrated Risk Management for the Firm: A Senior Manager's Guide*.
- Meyer, T., & Reniers, G. (2016). *Engineering Risk Management*.

- Mitchell, V.-W. (1995). Organizational Risk Perception and Reduction: A Literature Review. *British Journal of Management*, 6, 115–133. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.1995.tb00089.x>
- Ranjan, R. (2014). Modeling and Simulation in Performance Optimization of Big Data Processing Frameworks. *IEEE Cloud Computing*, 1(4), 14–19. <https://doi.org/10.1109/MCC.2014.84>
- Ross, J. W., Beath, C. M., & Quaadgras, A. (2013). You may not need big data after all. *Harvard Business Review*, 91(12), 90-+.
- Runkler, T. A. (2020). *Data Analytics Models and Algorithms for Intelligent Data Analysis 3. Edition*.
- Sakki, J. (2014). *Tilaus-toimitusketjun hallinta : digitalisoitumisen haasteet* (8. uud. p.). Jouni Sakki.
- Salman, F. S., & Yücel, E. (2015). Emergency facility location under random network damage: Insights from the Istanbul case. *Computers & Operations Research*, 62, 266–281.
- Salo, I. (2013). *Big data : tiedon vallankumous*. Docendo.
- Schlegel, G. L., & Trent, R. J. (2014). *Supply Chain Risk Management An Emerging Discipline Series on Resource Management*.
- Shmueli, G., & Koppius, O. R. (2011). Predictive analytics in information systems research. *MIS Quarterly*, 553–572.
- Souza, G. C. (2014). Supply chain analytics. *Business Horizons*, 57(5), 595–605. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2014.06.004>
- Stevens, G. C. (1989). Integrating the Supply Chain. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 19(8), 3–8. <https://doi.org/10.1108/EUM00000000000329>

- Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. In *International Journal of Production Economics* (Vol. 103, Issue 2, pp. 451–488). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.12.006>
- Tiwari, S., Wee, H. M., & Daryanto, Y. (2018). Big data analytics in supply chain management between 2010 and 2016: Insights to industries. *Computers & Industrial Engineering*, *115*, 319–330. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.11.017>
- Tsai, C. W., Lai, C. F., Chao, H. C., & Vasilakos, A. v. (2015). Big data analytics: a survey. *Journal of Big Data*, *2*(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-015-0030-3>
- 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.
- Wang, L., & Alexander, C. A. (2015). Big data in design and manufacturing engineering. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, *8*(2), 223.
- Wang, X., & He, Y. (2016). Learning from uncertainty for big data: future analytical challenges and strategies. *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine*, *2*(2), 26–31.
- Waters, D. (2007). *Supply chain risk management: vulnerability and resilience in logistics*.
- Ylén, P., Vainikainen, S., Pelkonen, A., Suominen, A., Mäntylä, M., Oksanen, J., & Poliitikka-analyysiyksikkö. (2018). *Vaikutusten arvioinnin tehostaminen automaattisen tiedonhankinnan ja data-analytiikan avulla*. Valtioneuvoston kanslia. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161071>