

Pro Gradu-avhandling i informationssystem

Mätning och förbättring av produktionslogistikens effektivitet i en Industry 4.0-miljö



Filip Nyman

Pro gradu- avhandling i informationssystem

Handledare: ED Markku Heikkilä

Åbo Akademi

Fakulteten för samhällsvetenskap och ekonomi

2021

Abstrakt för pro gradu-avhandling

Ämne: Informationssystem	
Författare: Filip Nyman	
Titel: Mätning och förbättring av produktionslogistikens effektivitet i en Industry 4.0-Miljö	
Handledare: ED Markku Heikkilä, FM Viktor Sundholm	
<p>Abstrakt:</p> <p>I denna avhandling behandlas den fjärde industriella revolutionen (Industry 4.0) och hur den kan komma att inverka på produktionslogistik inom produktionsföretag. Informationsflödet i ett företags produktionslogistik är i dagens samhälle av största vikt och intresse. Därför är det viktigt att företag i allt större utsträckning tar i bruk de tekniker som Industry 4.0 innefattar. Avhandlingen består dels av en litteraturanalis för att bygga en bred teoretisk bas och dels av en fallstudie för att kunna se var finländska företag ligger och vart de kunde nå med att tillämpa Industry 4.0.</p> <p>Syftet med avhandlingen är att undersöka varför Industry 4.0-konceptet är så viktigt att tillämpa på produktionslogistiken och vilken nytta företag kommer att ha av att utnyttja konceptet och nya tekniker såsom IoT (Internet of Things). Dessutom undersöka hur företag idag mäter sin effektivitet och hur företagen eventuellt kunde förändra sättet att mäta effektivitet. I avhandlingen är finländska företag som forskningsobjekt dels till följd av Reboot IoT Factory - projektet och dels att effektiv produktionslogistik är viktigt för företag som har sin verksamhet geografiskt avlagset såsom i Finland.</p> <p>Data som används i fallstudien härstammar från presentationer som företagen givit som en del av Reboot IoT Factory - projektet samt på intervjuer som Henry Schwartz har gjort som en del av projektet.</p> <p>Slutsatsen är att det är väldigt viktigt att företag mäter rätta faktorer på rätt sätt då de utvärderar sin produktionslogistik. Nuförtiden mäter företagen i stort sett samma faktorer oberoende av företaget och utan någon närmare eftertanke varför man mäter dessa faktorer. Vad som behövs är en grundlig genomgång vad som ska mätas och varför. Industry 4.0 kommer i sig inte att förändra hur eller vad man mäter men konceptet kommer att underlätta analyserna och möjliggöra för företag att lättare hitta sina svagheter till följd av ökad tillgång och insamling av data.</p>	
Nyckelord:	
Industry-4.0, Produktionslogistik, IoT, Automation	
datum: 25.4.2021	Sidantal: 51+7

Innehållsförteckning

Abstrakt för pro gradu-avhandling	II
1 Inledning	1
1.1 Syfte och forskningsfrågor	4
1.2 Metod	4
2 Produktionslogistik	6
2.1 Begreppsförklaringar	6
2.2 Lista över förkortningar	10
2.3 Mätning av produktionseffektivitet	11
2.3.1 Produktionslogistikens effektivitet (KPI)	11
2.3.2 Optimering av produktionslogistiken	16
2.3.3 Optimering av produktionslogistiken i industry 4.0	19
2.3.4 Ledningsfaktorer som påverkar produktionslogistiken	23
2.3.5 Resultat av litteraturstudien	28
3 Fallstudier	32
3.1 Beskrivning av forskningen	32
3.2 Beskrivning av forskningsobjekten	32
3.2.1 Företag A	32
3.2.2 Företag B	33
3.2.3 Företag C	35
3.3 Beskrivning av processerna	36
3.3.1 Företag A	36
3.3.2 Företag B	37
3.3.3 Företag C	38
3.4 Resultat från fallstudierna	39
3.4.1 Företag A	39
3.4.2 Företag B	39
3.4.3 Företag C	40
3.5 Sammanfattning av forskningsresultaten	41
3.5.1 Den ideala produktionslogistiken	41
4 Diskussion	43
4.1 Resultat	43
4.2 Avslutning	44
4.3 Fortsatt forskning	45
4.4 Bias, konflikter	45
5 Källförteckning	46
6 Bilagor	52

1 Inledning

I och med globaliseringen, frihandeln och de ökade kommunikationsmöjligheterna har det aldrig varit lättare att som konsument hitta de varor som behövs till det mest konkurrenskraftiga priset. Utan att ens lämna sitt hem eller sitt kontor är det möjligt att fatta köpbeslut och oftast är det varan som är billigast och som levereras snabbast till kunden som är vinnaren då en konsument fattar ett köpbeslut (Mehta 2004).

Produktionsindustrin i Finland är en utmanande bransch på grund av höga produktionskostnader, med avseende på till exempel lönekostnader, logistikkostnader och omkostnader. Dessutom ligger Finland geografiskt avsides och är beroende av långa sjötransporter för att få ut sina produkter till världen. För att möjliggöra konkurrenskraftig produktion i Finland måste företagen kunna konkurrera med annat än låga kostnader. I praktiken betyder det att finländska företag konkurrerar med know-how och god kvalitet på produkterna. I förlängningen betyder detta att produktionslogistiken i företagen måste vara på toppnivå för att inte binda kapital till färdiga eller halvfärdiga produkter som inte rör sig. Produktionslogistik på toppnivå frigör å sin sida kapital till personalkostnader och produktutveckling. Ett stående lager är antagningsvis i allra högsta grad skadligt för ett finskt produktionsbolag (egen anmärkning).

Att företag strävar efter att effektivisera sin produktionskedja är inget nytt i sig. Redan Henry Ford tog i bruk det löpande bandet för att försnabba produktionen och i bilbranschen utvecklades under medlet av 1900-talet Toyota Production System av Ohno (Ohno 1988), mera känt som JIT- eller Lean-production. Denna metod går ut på att minimera tiden som råvaror eller produkter väntar på att bearbetas genom att minimera tiden som till exempel en produktionsmaskin står stilla eller inte producerar någonting. Detta ska resultera i ett så snabbt genomflöde som möjligt och samtidigt minimera lagerhållningen som krävs.

I och med IoT (Internet of Things, sakernas internet), AI (artificiell intelligens) och ML (maskininlärning) har fältet för produktionslogistik ändrats märkbart. Bland annat kan systemen för lagerhantering kommunicera autonomt sinsemellan och produktionsoptimeringen kan nästan uteslutande skötas av ett informationssystem, som dessutom kan göra välkalkylerade prognoser över kommande produktionsbehov. Människans roll blir då att övervaka systemen och se till att

rätta data finns tillhanda för att systemen ska fungera på ett ändamålsenligt sätt. Dessutom ger ny sensorteknik även värdefull information om produktionsmaskiner och –anläggningar, till exempel om en apparat behöver underhåll eller om en del håller på att gå sönder. Sensorteknik kan användas för att preventivt underhålla anläggningarna och minska på produktionsförlusten till följd av att maskiner inte fungerar (Newman 2018). Om sensorerna dessutom är uppkopplade till ett nätverk kan de hypotetiskt också beställa service själva, vilket minskar ett företags behov av egen teknisk personal, vilket i sin tur kan möjliggöra kostnadsinbesparingar om företag endast köper den tjänst som verkligen behövs istället för att ha teknisk personal i kontinuerlig beredskap.

År 2011 introducerades på Hannovermässan i Tyskland konceptet Industry 4.0 som är nära knutet till konceptet Supply Chain 4.0 eller SCM 4.0. Koncepten innebär att företag i sin produktion och produktionslogistik har ett fullständigt integrerat informationssystem som fungerar med kommunikativ sensorteknik, närmare bestämt sakernas internet d.v.s. Internet of Things (IoT). Alla delar av distributionskedjan är integrerade med informationssystemet. Detta möjliggör att ett enda informationssystem analyserar allt från produktion till försäljning, vilket resulterar i en effektivare produktionslogistik. Modern sensorteknik ger dessutom många nya möjligheter till lageroptimering, produktionsoptimering och till exempel produktutveckling. Till exempel är det möjligt med hjälp av RFID-teknik (Radio Frequency Identification) snabbt lokalisera var varor rör sig i produktionskedjan. Dessutom kan sensorer som samlar data om till exempel temperatur, luftfuktighet med mera limmas på livsmedel. Data kan sedan direkt skickas till en databas med ett informationssystem som analyserar data. Denna analys kan i sin tur användas för till exempel produktutveckling och prognostisering.

Att det är möjligt att samla in mängder av data leder till Big Data, som i sin tur ställer helt nya krav på datakvalitet och informationssystemens förmåga att behandla och lagra data.

I min pro gradu-avhandling jag undersöka hur företags produktionslogistik ser ut för tillfället, hur de följer upp sina processer och vilka nyckeltal för verksamheten (KPI, *Key Performance Indicator*) som används. Dessutom vill jag undersöka hur man kan utveckla produktionslogistiken med hjälp av till exempel extranet, IoT, AI eller dylika koncept samt hur produktionslogistiken kunde se ut i en situation där man tillämpat tidigare nämnda.

Denna avhandling har gjorts inom Reboot IoT-factory projektet inom ämnet produktionsekonomi vid Fakulteten för Naturvetenskaper och Teknik vid Åbo Akademi.

1.1 Syfte och forskningsfrågor

I min avhandling har jag följande grundantaganden som jag utgår ifrån:

1. Finländsk produktionsindustri måste ha en effektiv produktionslogistik för att kunna hålla sig konkurrenskraftig på den internationella marknaden som en följd av att till exempel arbetskraften är väldigt dyr i Finland.
2. Optimering av produktionslogistik kommer i framtiden att bli autonomt och fullständigt datordriven i och med implementeringen av AI, ML och IoT.

Mitt första antagande har jag gjort som följd av den återkommande samhällsdiskussion som förs då produktion läggs ner i Finland eller flyttar utomlands. Det vill säga att arbetskraften är för dyr, produktionen inte lönsam etc. Det andra antagandet baserar jag på de återkommande nya rönen angående AI:s användningsområden, att jag själv arbetar med mjukvarurobotik (RPA) och att all teknik hela tiden blir "smartare".

Mina forskningsfrågor som jag försöker att svara på blir således:

1. Vilka faktorer bör beaktas vid mätning av produktionslogistikens effektivitet?
2. Hur mäts effektivitet i finländska företag idag, d.v.s. vilka KPI använder sig företagen av.
3. Hur kan man tillämpa IoT inom produktionslogistik och hur tror man sig kunna utnyttja möjligheterna som IoT ger?

1.2 Metod

I min avhandling använder jag mig av två huvudsakliga metoder. Den första metoden är en djupgående litteraturanlys av 36 stycken artiklar. Denna metod använder jag för att kartlägga vad som ligger bakom effektiv produktionslogistik samt hur man kan förbättra den samma med hjälp av industry 4.0-konceptet.

Dessa artiklar har jag hittat genom databassökning med hjälp av Googles scholar. Sökorden jag utgått ifrån har varit direkt kopplade till ämnet, d.v.s. Industry 4.0, SCM, IoT m.m. eller

kombinationer av dessa. Samtliga artiklar är skrivna på engelska. Artiklarna är inte avgränsade till forskningsartiklar utan innehåller även konferenspublikationer och avhandlingar.

Den andra metoden är en fallstudie där jag undersöker tre olika företag inom produktionsindustrin. Jag undersöker hur företagen använder sig av extranet och autonoma lösningar för att hantera sin produktionslogistik (främst inköps- och produktionsprocess) och vad som kan göras för att effektivisera den. För att visualisera företagets nuvarande situation och förbättringsförslagen har jag ritat BPMN-processmodeller med det webbaserade verktyget diagrams.net. Likväl har jag ritat en hypotetisk modell för en hypotetiskt perfekt inköps- och produktionsprocess.

Utifrån Yins (2009) definitioner om hur och i vilka fall man ska bedriva en fallstudie finner jag att jag har stöd för den modell av studie som jag gjort. Detta framför allt i och med att jag inte har kunnat påverka företagets processer och att i min studie och mina slutsatser baserar sig på en bred litteraturstudie. Utifrån de resultat jag får av de tre företag jag undersöker kan jag inte dra slutsatser för hela industrin men jag kan göra förslag utifrån resultaten av min studie. Det här med stöd av Yin (2009) som konstaterar att hela tanken bakom en fallstudie är att utveckla och expandera generella teorier genom att studera ett eller flera fall.

Zainal (2007) undersöker fördelar och nackdelar med fallstudier. Han kommer fram till att fallstudier ger en mera djupgående uppfattning av undersökningsobjektet. Dessutom tjänar fallstudier väl då man inte har tillgång till en stor population i sin undersökning. Som nackdelar med fallstudier lyfter Zainal (2007) fram att forskaren lätt generaliserar sina resultat och ger en vinklad bild av verkligheten i brist på större sampel.

Snyder (2019) påpekar att litteraturforskningen på sätt och vis är all forsknings eftersom det måste klarläggas vad som redan undersökts och vad som ännu bör belysas. Dessutom hjälper litteraturforskning till att ge helhetsuppfattningar vid studier av tvärvetenskapliga områden (i detta fall ekonomi och informationsteknologi). I och med att litteraturanalys bygger vetenskap av vetenskap finns det risk för att felaktiga antaganden blir fakta och därför är det viktigt att ha ett öppet tillvägagångssätt och undersöka rön ur många vinklar (Snyder 2019).

2 Produktionslogistik

I detta kapitel beskriver jag först centrala begrepp för avhandlingens område och sammanfattar därutöver en lista på användbara förkortningar. Därefter undersöker jag med en litteraturstudie den forskning som gjorts inom produktionslogistik, optimering av produktionslogistik samt vissa ledningsmässiga faktorer som bör tas i beaktande då man ska optimera produktionslogistik. I det sista underkapitlet sammanfattar jag det jag kommit fram till utgående från litteraturen innan jag går över till fallstudien.

2.1 Begreppsförklaringar

Produktionskedja

Begreppet produktionskedja kan i sig te sig självklart men kräver en viss utredning på grund av de inte helt entydiga definitioner som finns i akademiska artiklar. Gemensamt för alla definitioner är att begreppet handlar om att så effektivt som möjligt få en produkt från råmaterial till kund genom ett odefinierat antal aktörer. Alltså gäller det att skapa mervärde för kunden. Mentzer, DeWitt, Keebler, Min, Mix, Smith och Zacharia (2001) sammanfattar i sin artikel en produktionskedja som *”a set of three or more entities (organizations or individuals) directly involved in the upstream and downstream flows of products, services, finances, and/or information from a source to a customer”*. På svenska ungefär: *tre eller flera aktörer som är direkt kopplade till uppströms- och nedströmsflödet av produkter, tjänster, finanser och/eller information från källa till kund.*

Flödesekonomi, produktionslogistik

Produktionslogistik är kanske mer känt som engelskans Supply Chain Management eller kort SCM. I och med svårigheterna att definiera begreppet produktionskedja är det naturligtvis inte lättare att definiera begreppet produktionslogistik som i korthet är tillämpningen av strategier i produktionskedjan. Svårigheterna härstammar främst från skillnader i synvinkel på SCM. Mentzer et al. (2001) menar att det finns tre huvudsakliga synsätt på vad SCM är:

1. en ledningsfilosofi
2. tillämpningen av en ledningsfilosofi

3. en uppsättning av ledningsprocesser.

Detta förorsakar en viss förvirring bland forskare beroende på vad de forskar i. Mentzer et al. (2001) sammanfattar dock SCM som den systematiska och strategiska koordineringen av de traditionella affärsfunktionerna inom ett specifikt företag, och koordineringen av företagen inom produktionskedjan med syfte att förbättra den långsiktiga effektiviteten för de enskilda företagen och produktionskedjan som helhet.

IoT

IoT som är en förkortning för engelskans Internet of Things betyder på svenska sakernas internet. IoT har enligt Madakam, Lake, Lake och Lake (2015) ingen allmängiltig definition. Den bästa definitionen enligt Madakam et al. (2015) är följande:

“An open and comprehensive network of intelligent objects that have the capacity to auto-organize, share information, data and resources, reacting and acting in face of situations and changes in the environment”

Detta innebär närmare sagt att IoT är ett omfattande nätverk av sinsemellan kommunicerande objekt som har förmågan att organisera, dela information, data och resurser samt reagera på olika situationer och förändringar i den omgivande verksamhetsmiljön.

IoT fungerar i kommunikationssituationer mellan maskin och människa, maskin och maskin samt människa och människa. Objekten eller maskinerna som kommunicerar kan bokstavligen taget vara vilka fysiska objekt som helst. Det kan till och med betyda matvaror eller kläder som normalt sett inte anses vara objekt som har förmågan att kommunicera. Kommunikationen i nätverken möjliggörs i stor utsträckning av RFID-teknik och internetprotokoll som kommunicerar via ett EPC-nätverk (Electronic Product Code) (Madakam et al. 2015).

Industriell IoT, IIoT

IIoT eller industriell IoT är tillämpningen av IoT i produktionsindustrin och är en synonym till Industry 4.0. IIoT utnyttjar smarta maskiner, alltså maskiner utrustade med sensorer, för att snabbare och effektivare utnyttja produktionsdata. Detta låter sig göras i och med att IIoT har möjlighet att

automatiskt behandla data där de uppstår. Dessutom klarar de smarta maskinerna av att upptäcka och åtgärda ineffektivitet och anomalier självständigt (Rouse et. al 2018)

RFID

RFID-teknik, efter engelskans Radio Frequency Identification, är en teknik som baserar sig på taggar med trådlös radioteknik med hjälp av vilka produkter kan identifieras med fjärravläsning. Detta effektiviserar organisationer genom ökad informationsdelning och exaktare produktions- och lagerdata (Wang, Wang och Pang 2009). Tekniken baserar sig på att över internet eller databaser dela information i organisationer och utgör på så sätt en av hörnstenarna för IoT (Madakam et al. 2009).

Edge-computing

Edge-computing kunde på svenska beskrivas som gränsområdesdatabehandling och innebär att man i ett stort system som samlar data eller i ett system där efterfrågan på data är stor på grund av den stora mängden data, inte centraliserat kan behandla all data. Därför sker databehandlingen redan vid gränsområdet mellan maskin och produkt där data uppstår. Alternativt kan data efterfrågas från gränsområdesservern direkt istället från den centraliserade servern. Först efter den första behandlingen laddas data till ett centraliserat system från vilket data sedan kan hämta data för vidare bruk. Detta görs för att inte överbelasta de centraliserade systemen eller bandvidden med processer eller onödiga mängder data. Det här är ett snabbare och mera effektivt sätt att automatiskt behandla data än att endast ha en centraliserad server. Dessutom garanterar detta sätt en större mängd användare snabb tillgång till det lagrade datamaterialet. (Dilley, Maggs, Parikh, Prokop, Sitaraman och Wehl 2002)

Extranet

Ett extranät är ett privat nätverk för ett företags eget bruk i likhet med ett intranät. Skillnaden jämfört med ett intranät är att det till extranätet kopplas över internet personer eller enheter som inte hör till den egna organisationen. Detta görs för att underlätta informationsutbyte och samarbete mellan de olika samarbetsparterna. För att kommunikationen ska fungera används olika former av EDI-teknik för att dela informationen elektroniskt (Riggins & Rhee, 1999).

Parterna som har tillgång till extranätet kan vara allt från kunder till underleverantörer. Den stora fördelen med ett extranät är att företag snabbare får tillgång till data, snabbare kan reagera på efterfrågesignaler, lägre kostnader och mindre lager till följd av den snabba reaktionsförmågan (Anandarajan, Andarajan & Wen, 1998).

Big Data

Big Data eller det ovanliga svenska uttrycket stordata är det fenomen som uppstått i och med att det samlas data från så gott som allt som görs nuförtiden. Datamaterialet samlas från till exempel uppköp, produktion och kommunikation med mera. När all denna information lagras i databaser uppstår Big Data. Det vill säga en mycket stor ostrukturerad massa data som man inte har någon nytta av om man inte kan använda den rätt. Om en organisation däremot lyckas utnyttja de möjligheter som Big Data och Big Data-analys medför kan den nå stora konkurrensfördelar. (Sagiroglu & Sinanc, 2013).

The 5 V:s of Big Data

För att förstå Big Data och hur det uppstår måste man förstå vilka de bakomliggande mekanismerna bakom Big Data är. Dessa kallas på engelska till "the five V:s of Big Data" och är Volume (volym), Velocity (hastighet), Veracity (noggrannhet), Variety (varians) och Value (värde). Det vill säga: Big Data byggs upp av de enorma mängder data som samlas (Volume), den väldigt snabba takten som data samlas (Velocity) och att data härstammar från olika källor och är därför i olika utsträckning ordnad och katalogiserad (Variety). *Veracity* hänvisar till att datamaterialet kan vara av olika typ, vara bristfälligt eller inexakt. Allt detta ger *Value*, alltså det värde som datamängden tillför organisationen (Qureshi & Gupta, 2014).

Key Performance Indicator, KPI

Nyckeltal för verksamheten (KPI efter *Key Performance Indicator*) är effektivitetsmått som organisationen anser att är speciellt viktiga för den övergripande framgången. Vad som mäts beror på vilken bransch som organisationen eller en del av organisationen representerar samt vilka resultat strävar efter att få med hjälp av måtten (Parmenter, 2010). Många källor delar in

effektivitetsmått i kvalitativ och kvantitativ och/eller finansiella och icke-finansiella mått (Beamon 1999, Gunasekaran och Kobu 2007, m.fl.)

Parmenter (2010) utgår dock från att KPI är strikt icke-finansiella och karakteriseras av att:

1. De är icke finansiella mått.
2. De är kontinuerligt mätta.
3. Måtten bestäms eller styrs av ledningsgruppen eller VD.
4. Måtten påvisar tydligt vad som förväntas av personalen.
5. Det är mått som har en tydlig koppling till en grupp som är ansvariga för uppfyllandet.
6. Måtten har en signifikant betydelse för företagets effektivitet.
7. Måtten uppmuntrar till omedelbara åtgärder.

2.2 Lista över förkortningar

Följande lista innehåller förkortningar på centrala begrepp inom industry 4.0 och produktionslogistik.

AI - Artificiell Intelligens

BPMN - Business process Modelling notation, processmodelleringsstandard.

BDA - Big Data Analysis, Dataanalys, framförallt analys av stora mängder data (stordata)

CPS- Cyber Physical Network.

EDI - Electronic Data Interchange.

EFT - Electronic Fund Transfer.

ERP - Enterprise Resource Planning, planering av företags användning av tillgångar.

IIoT - Industrial IoT.

IoS - Internet of Services, Tjänsternas internet.

IoT - Internet of Things, sakernas internet.

JIT - Just In Time, produktionsfilosofi.

KPI - Key Performance Indicator, Nyckeltal för effektivitet.

ML - Machine Learning, maskininlärning.

RFID - Radio Frequency Identification, sätt att identifiera t.ex. varor i en logistikkedja.

RPA - Robotic Process Automation, mjukvarurobotik. Datorprogram som utför manuella datorbaserade arbetsuppgifter.

SCM - Supply Chain Management, Produktionslogistik.

SCO - Supply Chain Optimization, optimering av produktionslogistik.

2.3 Mätning av produktionseffektivitet

För att hitta tidigare forskning har jag uteslutet använt mig av Googles Scholar-sökmotor för att på ett effektivt sätt hitta relevanta artiklar. Med hjälp av artiklarna har jag också hittat relevanta hemsidor som samlar publikationer där jag har sökt vidare med hjälp av relaterade sökningar. Mina mest använda internetsidor utöver Google Scholar är bl.a. Tandem Francis online, Wiley online library, IEEE med flera. Sökord som jag använt för att hitta relevanta artiklar innefattar IoT, Supply chain management, Supply chain optimization, industry 4.0, KPI med flera samt olika kombinationer av dessa. Artiklarna som jag använt behandlar både teori och fallstudier. Jag har strävat efter att ge empiriska undersökningar vikt men i och med att ämnet är så pass nytt så finns det mera teoristudier än fallstudier att tillgå. Studier som behandlar IoT inom dagligvaruhandel finns det en del av men dessvärre inte lika mycket studier som behandlar IoT inom produktionsindustrin, vilket är området jag studerar i min avhandling.

2.3.1 Produktionslogistikens effektivitet (KPI)

Enligt Gunasekaran, Patel och McGaughey (2004) utgör kostnader för logistik och distribution en avgörande del av ett företags kostnader. Under 1990-talet utgjorde dessa upp till 40 % av de brittiska företagens kostnader och växte enligt en stigande trend. För att kunna styra dessa kostnader krävs mätbarhet av produktionslogistiken. De presenterar i sin artikel ett ramverk för hur man kan bygga upp denna mätbarhet inom produktionslogistiken. Författarna delar in produktionslogistiken i sex stycken huvudmätningsområden och vidare in i flertalet underliggande mätningsobjekt. Dessa områden hänför sig till framförallt tid, kostnader och kundtillfredsställelse. En övergripande lista över dessa KPI presenteras i tabell 1. Författarna kunde också presentera att i 76 % av de fall som undersöktes, ledde med hjälp av KPI välskött produktionslogistik till finansiella fördelar och i 66 % av fallen till en höjd aktiekurs. Författarna påpekar dock att systemet som

används för uppföljningen av produktionslogistiken måste vara heltäckande och får inte sakna viktiga aspekter från något som helst delområde för att vara lyckat (Gunasekaran et.al. 2004).

Beamon (1999) poängterar att sätten man mäter både finansiella och icke-finansiella parametrar ska vara adekvata. Oftast räcker det inte med att något beskrivs med en kvalitativ term såsom "bra" eller "dålig", eftersom sådana mätvärden inte kan utnyttjas effektivt. Likväl måste man då man väljer vilka faktorer som mäts kunna koppla faktorerna till produktionslogistikens mål och strategi för att ha någon nytta av mätresultaten. Om kopplingen saknas kan inte resultaten användas för att utveckla strategin eller nå mål.

Även Beamon (1999) lägger fram en lista på faktorer som kan mätas. Denna återspeglas i Gunasekaran et al. (2004).

Tabell 1. Efter Gunasekaran et al. (2004)

Mätområde	Mättningsobjekt
Värden för orderplanering	<ul style="list-style-type: none"> - Orderläggningsmetod - Orderns uppfyllningstid - Kundens beställningstid (hur länge det tog att göra beställningen)
Utvärdering av underleverantörskedjan	<ul style="list-style-type: none"> - Taktisk nivå - Strategisk nivå - Operativ nivå
Utvärdering av produktionen	<ul style="list-style-type: none"> - Mängden produkter och tjänster - Utnyttjningsgrad av kapaciteten - Effektivitet schemaläggning
Utvärdering av distributionskedjan	<ul style="list-style-type: none"> - Utvärdering av distributionseffektivitet - Mängden felfria leveranser - Distributionens flexibilitet för att möta kundens behov - Totala distributionskostnader
Utvärdering av kundbetjäning och -tillfredsställelse	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibilitet - Svarstid till kunden - Mått på efterleveranstjänster
Kostnader för produktionslogistik och logistik	<ul style="list-style-type: none"> - Kostnader relaterade till tillgångar och avkastning på investeringar <ul style="list-style-type: none"> - ex. lagerkostnader, kapitalkostnader, underhåll, slitage, riskkostnader, förlorade beställningar
Informationskostnader	<ul style="list-style-type: none"> - Exempelvis rabatter, orderbehandling

Gunasekaran och Kobu (2007) lyfter fram en lista på vilket som syftet med produktionslogistikens mätbarhet borde vara. Dessa faktorer är att:

- identifiera framgång
- identifiera huruvida kundens behov är uppfyllda
- bättre förstå sina interna processer
- identifiera flaskhalsar, problem och möjligheter till förbättring

- bistå med beslutsinformation
- möjliggöra och följa upp framgång
- främja mera öppen och transparent kommunikation och samarbete.

Vidare finner Gunasekaran och Kobu (2007) ett antal problem med mätsystemen för produktionslogistiken. Dessa problem är följande:

- brister i mätningar och mätenheter
- misslyckande i att balanserat mäta både finansiella och icke-finansiella nyckeltal
- mäta för mycket och på så vis inte kunna urskilja de viktiga faktorerna
- misslyckande i att koppla strategin och nyckeltalen
- mätfel i finansiella mått
- fokusera för mycket på de interna processerna.

Med stöd av dessa faktorer kommer Arzu Akyuz och Erman Erkan (2009), med stöd av bland annat Cai, Liu, Xiao och Liu (2008), fram till att det finns svårigheter i att nå en effektiv användning av KPI. Det här beror på att det inte finns allmängiltiga regelverk för vad som ska mätas eller att de faktorer som mäts inte är i linje med företagets strategi.

I och med att marknaden har blivit allt mer dynamisk och allt större krav på att företag ska vara flexibla i sin produktion ställs, kommer samma krav att även ställas på produktionslogistiken. Cai et al. (2008) lyfter fram problem som produktionslogistiken ställs inför i form av mätbarhet. Främst menar Cai et al. (2008) att mätprocesserna är statiska och att efter att det beslutats om vad som mäts, är det en lång process att ändra fokus. Företag kan alltså i sina mätprocesser inte reagera tillräckligt fort.

Vidare menar Cai et al. (2008) att beslutsfattare ofta tar förhastade beslut som baserar sig på känslor och inte fakta. Det här utgör ett problem som växer i och med att digitaliseringen gör informationsgången ännu snabbare samtidigt som datorer och mobiluppkopplingar möjliggör snabba beslut.

Sari (2010) tangerar mätbarheten ur en effektivitets- och korrekthetssynvinkel. Sari (2010) hänvisar till studier som påvisar att upp till hälften av inventarierivåerna kan vara felaktiga och att

inventarierivåernas absoluta fel kan vara upp till 35 % till följd av ineffektiv eller bristfällig inventariehållning. Sari menar att lösningen till detta problem kunde vara de fjärravlästa RFID-taggar som automatiskt kan läsa av vad som finns i lager och på så vis markant minska mätfel i inventariet. Från undersökningen som Sari (2010) gör drar hen slutsatsen att ju längre produktionskedjan är desto bättre lämpar sig implementeringen av RFID-teknik. Dessutom får man ännu mera nytta av tekniken ifall produktionskedjan omfattar ett djupgående samarbete mellan flera parter. Den främsta nyttan härrör sig dock till den ökade förmågan att betjäna kunden genom att med kontinuerlig produktionsuppföljning kunna berätta åt kunden till exempel hur länge det tar för produkten att levereras.

Det finns givetvis all slags problem med att mäta effektivitet i en produktionskedja. Shepherd och Günther (2010) lyfter upp problemen som en litteraturstudie då kunde komma fram till. Shepherd och Günther (2010) bygger i sin undersökning på Neely, Gregory och Pratts (1995) definition på processen att mäta effektivitet, d.v.s. att kvantifiera verkningsgrad och effektivitet i praktiken, då effektivitet är den grad i vilken kundens önskemål har blivit bemötta och verkningsgrad är företagets kostnad för att möta kundens önskemål till en viss, specificerad grad. Shepherd och Günther (2010) kunde konstatera att då artikeln skrevs hade det inte gjorts många försök till att systematiskt undersöka det bästa sättet för att evaluera processeffektivitet inom produktionslogistik. Författarna fann dock att processeffektiviteten måste mätas på flera nivåer, enligt SCOR-modellen (Supply chain operations reference) i fem kategorier; nämligen pålitlighet, mottaglighet, flexibilitet, kostnad och verkningsgrad.

Det stora problemet enligt Shepherd och Gunther (2010) är systemen man de facto mäter verkningsgraden eller effektiviteten med. Författarna lyfter fram kritik mot systemen från ett antal artiklar. Dessa problem härrör sig i stort från Beamons (1999) teori om att mätningarna inte har en koppling till strategin, fokus på kostnader vid icke-monetära mätobjekt, obalans mellan mätobjekten, brist på systemtänk, att mätstrategin inte tjänar alla delområden och att kontakten till den omgivande konkurrensomgivningen gått förlorad. Det sista innebär att företaget har sett för mycket inåt och därför inte vet vad konkurrenterna gör eller vad kunder vill ha.

2.3.2 Optimering av produktionslogistiken

Bayraktar, Koh, Gunasekaran, Sari och Tatoglu (2008) kommer fram till att förväntad kreditförlust (ECL Expected Credit Loss) kan minskas till följd av bullwhip-effekten inom framför allt säsongsbetonade varor och elektroniska flödesekonomiska lösningar med hjälp av effektiv prognostisering.

Bullwhip- eller Forrester-effekten beskrivs av Forrester och Brink (1961), som kostsamma fluktuationer i efterfrågan inom en flödesekonomi. Fluktuationerna har sitt ursprung hos köparen i ena ändan av flödeskedjan och fortplantar sig ända till producenten i andra ändan och växer sig allt större på vägen. I grund och botten handlar det om en liten förvrängning i informationsflödet som fortplantar sig genom hela produktionskedjan, alltså försöker varje enhet ensamt optimera sin produktion.

Olazábal och Caballero (2019) skriver om lyckad implementering av AI i SCM i ett bryggeriföretag som i likhet med till exempel cellulosamarknaden fungerar med bulkmängder och små rörelsemarginaler.

Calatayud, Mangan och Christopher (2019) betonar att den tekniska utvecklingen har tagit produktionslogistiken in i Big Data-eran och att det är möjligt att från redan befintliga flödeskedjor samla in så stora mängder data att det snart behövs beräkningar med kvantdatorer för att kunna behandla mängden data. Den stora mängden data leder till att produktionslogistikens estimat dels blir exaktare och dels mera autonoma och digitaliserade i och med att en människa inte har kapaciteten att gå igenom datamängden. Författarna drar slutsatsen att framtidens produktionslogistik kommer att vara mycket effektivare och exaktare än den nuvarande men att den också stöter på problem främst i tredje världen där infrastrukturen inte är utvecklad och tillgången till digitala lösningar är liten. Likväl lyfter författarna fram att större integration och informationsdelning inom flödeskedjan leder till större effektivitet och att denna effektivitet kan ytterligare ökas med de möjligheter som IoT och kommunikativ teknik ger. Dessutom kan tekniken implementeras i tidsplanering för till exempel produktionsmaskiner som kan ge ännu effektivare JIT-produktion.

Birkel och Hartmann (2019) å sin sida lyfter fram risker och utmaningar i att implementera IoT i produktionslogistik, någonting som är väldigt aktuellt i och med att tekniken och framför allt implementeringarna är nya. Bland utmaningarna kan nämnas bristen på allmängiltiga standarder inom området (jfr ISO-standarder). Dessutom ställer de stora mängderna data som måste behandlas stora krav på infrastrukturen som inte nödvändigtvis har beredskap att arbeta med så stora mängder data som krävs oberoende av om data finns på plats och ställe eller i molnet. Störst av riskerna är risker kopplade till säkerhetsfrågor i och med att det blir ett åtråvärt att stjäla data från kommunikationen mellan autonoma enheter. En risk som inte heller ska förbises är risken för att olika mjukvarusystem inte kan kommunicera sinsemellan, vilket kan leda till stora effekt- eller monetära förluster i en flödeskedja som inte är beredd på en IoT-implementering.

Alles, Amershi, Datar & Sarkar (2000) kommer i sin forskning till slutsatsen att JIT-produktion producerar högre kvalitet och hittar lättare de underliggande felen i produktionen som skapar dåliga slutprodukter. Danese et al. (2012) kommer till slutsatsen att väl implementerad JIT-produktion och JIT-produktionslogistik förbättrar effektiviteten i en produktionsindustri. JIT-modellen kan dock ha motsatt effekt om den är dåligt eller endast delvis implementerad.

Bottani, Montanari och Volpi (2010) påvisar att det i dagligvaruhandeln går att göra stora inbesparingar på minskat lager och minskade säkerhetsmarginaler till följd av tillämpad RFID-teknik eftersom man får lättare överblick över den verkliga mängden varor som rör sig i logistikkedjan jämfört med den meddelade mängden. En stor besparing sker också i personalresurser och tidsresurser då RFID-taggar kan läsas utan mänsklig input. Alltså behöver inte varorna registreras manuellt utan de registreras automatiskt och direkt då de anländer till lagret eller distributionscentralen. Nackdelen som lyfts fram är att RFID-sensorer inte kan läggas på enskilda varor utan att de endast läggs på transportenheter såsom lastpallar. De enskilda varorna måste fortfarande registreras manuellt med streckkoder (Detta har dock förändrats sedan 2010 med till exempel RFID-baserade stöldskyddssystem i butiker eller RFID i kläder. *Egen anmärkning*). Detta ansåg inte författarna vara ett problem i och med att de inte kunde hitta ett starkt samband mellan större noggrannhet än det tillgängliga och inbesparingar som kunde göras.

Chen, Drezner Ryan och Simchi-Levi (2000) påpekar på sin sida att fel i de förutspådda försäljningsvolymerna (framförallt Bullwhip-effekten) kan minskas drastiskt med större transparens inom produktionslogistiken. Då alla delar av logistikkedjan får samma data om den slutgiltiga kundens efterfrågan, förbättras effektiviteten på logistikkedjan märkbart. Detta kan lösas lätt genom centraliserad planering framom att alla enskilda produktionsenheter förutspår sitt materielbehov eller sin försäljning själva.

Ben-Daya, Hassini och Bahroun (2019) påpekar i sin studie att företaget endast med att implementera RFID-sensorer i sin produktionslogistik kan uppfylla alla de krav som ställs på produktionslogistiken enligt Decker et al. (2008). Dessutom lyfter författarna upp luckor i den befintliga litteraturen om IoT och produktionslogistik. Dessa luckor hänför sig främst till forskning kring en implementeringsprocess, modeller för problemhantering inom produktionslogistik i ett IoT-perspektiv samt barriärer för implementering av IoT inom produktionslogistik, vilka främst härrör sig från ovillighet att dela med sig information. Slutligen lyfter Ben-Daya et al. (2019) upp områden som kunde gagnas stort av en IoT-implementation såsom dagligvaruhandeln, transportbranschen och maskinunderhåll med flera.

Pfohl, Yahsi och Kurnaz (2015) tar fram 15 relevanta teknologier av stor betydelse inom konceptet "Industri 4.0". Dessutom lyfter författarna upp hur produktionsindustrier och produktionslogistik kommer att påverkas av konceptet. Resultatet är att fältet kommer att påverkas tekniskt av sensorteknik men också av nya synergier och intryck från till exempel smarttelefonapplikationer. Dessutom kommer det enligt författarna att behövas en ny typ av ledarskap i och med att industrierna blir allt mera automatiserade samt i och med att arbetsmönstren kommer att förändras eftersom datainsamlingen och -analysen blir annorlunda än tidigare.

Tjahjono, Esplugues och Pelaez (2017) kartlägger IoT:s inverkan på en flödeskedja med fyra regulatorer. I artikeln definieras ett antal KPI:er för alla flödeskedjans delområden. Dessa är bl.a. kvalitetsstandard, transportvolym, reaktionstid och tid från produktion till marknaden. Utifrån de framtagna KPI analyserar författarna hur IoT kommer att påverka dessa. Dessutom ger författarna en överskådlig bild av vad konceptet Industry 4.0 de facto innebär. Författarna definierar konceptet som ett kluster av sakernas internet, Big Data och artificiell intelligens. Det resulterar i ett produktionssystem som kan kommunicera vertikalt i organisationen och inte endast horisontellt,

vilket möjliggör större översikt och flexibla produktion samt att man när som helst kan direkt identifiera och lokalisera en produkt. Med hjälp av Big Data utvecklas bättre produkter som är bättre anpassade till marknaden. Sist men inte minst ger AI upphov till smarta fabriker som kan optimera produktionen och producera varor fullständigt autonomt utan mänsklig input.

2.3.3 Optimering av produktionslogistiken i industry 4.0

Georgakopoulos, Jayaraman, Fazia, Villari och Ranjan (2016) skissar ingående en vägkarta (roadmap) för hur IoT kan implementeras i en produktionsindustri. Detta gör författarna genom att grundligt lyfta fram alla de möjligheter som IoT ger en flödeskedja. Som störst av dessa möjligheter ligger möjligheten att övervaka allt i realtid. Detta innefattar både monitorering av produktionsfaktorer, KPI och materialflöden men också arbetsmetoder och beteendemönster hos anställda. Likväl kunde denna möjlighet implementeras i att förbättra säkerheten genom RFID-taggar i skyddskläder och passerkort. Då kunde ett automatiskt system berätta ifall en anställd gör en arbetsuppgift hen inte har befogenheter till eller att hen inte använder tillräckliga skyddskläder.

Georgakopoulos et al. (2016) fokuserar i sin artikel mycket på möjligheterna med att övervaka KPI med hjälp av IoT. De delar in KPI i kunddrivna och processdrivna KPI för att göra sin analys bättre. De kunddrivna KPI som lätt kan förbättras med hjälp av IoT är bland annat kvalitetsmått, produktionstid eller leveranstid. De processdrivna nyckeltalen däremot kan hänvisa till olika produktivetsmått samt arbetar- eller produktionssäkerhet. Författarna anser att det är det absolut viktigaste ett företag kan göra för att öka produktiviteten är att implementera IoT i processerna för tillgång till KPI i realtid för att bättre kunna optimera sina processer. Vidare, menar författarna kan företagets produktivitet öka genom att övervaka de anställdas arbetsmönster med hjälp av IoT och på så vis optimera arbetsprocesser och avskaffa onödiga arbetsmoment i produktionen eller lagerhållningen. Detta skulle leda till lägre personalkostnader och större genomflöde av varor. Denna övervakning av de anställda skulle ske med hjälp av billiga IoT-sensorer som kan installeras i till exempel kläder. För att allt detta ska fungera hjälper det inte enligt författarna att IoT-sensorerna levererar sin information till en molntjänst. Molntjänsterna som de facto är fysiska serverhallar klarar inte av att behandla datamaterialet tillräckligt snabbt och effektivt. Därför behövs det s.k. Edge-datacenter (från engelskans edge, i och med att datacentret arbetar i

randområdena av nätverket) i själva anläggningen som snabbare kan behandla data för att sedan lagra data i en central databas.

För att vidare försnabba implementeringen av IoT efterlyser Georgakopoulos et al. (2016) standardisering inom fältet, större informationsdelning mellan aktörer samt en öppnare kultur för att testa nya lösningar och dela med sig av best practices etc. Det vill säga en slags samarbetande konkurrens (coopetition) mellan aktörer för att effektivare implementera tekniken men samtidigt dela på riskerna och utvecklingskostnaderna för de olika lösningarna som kan komma till i och med utvecklingen av Industry 4.0.

Samtidigt som Georgakopoulos et al. (2016) efterlyser mera genomsynlighet i arbetsmetoderna nämner även Georgakopoulos och Jayaraman (2016) att det finns en lucka i forskningen om dataintegritet i IoT- sammanhang som borde täppas innan IoT-lösningarna kan implementeras fullständigt. Problemet verkar fortsättningsvis kvarstå enligt Birkel och Hartmann (2019).

Olszak och Mach-Król (2018) lyfter fram att Big Data kommer att vara en nyckelfaktor för företagens framgång i framtiden i och med att man genom storskalig dataanalys (BDA) kan nå stora komparativa fördelar gentemot konkurrenter genom att bland annat samla data från sociala medier eller kundbeteende. Likväl ger BDA möjligheten att på mycket kort tid reagera på förändringar i marknaden i och med att BDA har mycket bättre möjligheter att analysera konsumtionsmönster. Företag som lyckats implementera BDA i sin verksamhet kommer därför att ha större betydelse på marknaden i framtiden.

Lika som Georgakopoulos et al. (2016) lyfter Olszak och Mach-Król (2018) fram problemet med de massiva mängder data som Big Data innebär. För att kunna hantera mängderna data framhåller författarna vikten av en välutvecklad IT-organisation. Organisationen behövs för att det ska vara möjligt strukturera de högst ostrukturerade data som Big Data innebär och på så vis kunna utnyttja Big Data. Olszak och Mach-Król (2018) menar, hänvisande till Papadopoulos et al. (2017) samt Schaltegger och Wagner (2011), att utöver att man med Big Data-analys kan analysera och utnyttja stora mängder konsumtionsdata även kan förändra produktionsprocesser för att göra dem mera socialt, ekonomiskt och miljömässigt hållbara.

Den kanske allra största utmaningen som Olszak och Mach-Król (2018) lyfter fram med Big Data och BDA är den ringa implementeringen av dem i företagens processer. I sin artikel har författarna gjort en fallstudie med några företag där de intervjuat personer som bestämmer över huruvida konceptet kan implementeras eller inte. Författarna kom fram till att många erkände Big Datas betydelse och möjligheter men att företagen ändå inte var beredda att investera dels på grund av tekniska brister hos företagen men dels också för att många ansåg att investeringen inte gav tillräckligt mycket avkastning.

Yu, Chavez, Jacobs och Feng (2018) lyfter fram konceptet om den datadrivna produktionslogistiken (Data Driven Supply Chain, DDSC). Även här poängteras att framgång i framtiden innebär en lyckad implementering av BDA i processer men att det kommer att finnas initiala problem på grund av dålig eller undermålig infrastruktur hos företagen. Dessutom har majoriteten av dagens företag inte beredskapen att hantera Big Data i och med att de inte ens utnyttjar den information som företaget besitter.

Yu et al. (2018) finner i sin undersökning att genom implementering av en Big Data-strategi kan företag uppnå stora konkurrensfördelar i och med att de med hjälp av Big Data kan förstå sina kunder och leverantörer bättre. Dessutom kommer företagets produktionslogistik högst antagligen att förbättras genom kontinuerlig uppföljning samt mera avancerad planering och prognostisering av efterfrågan. Vidare kommer författarna fram till att DDSC kan avsevärt förbättra produktionslogistikens transparens och öka integreringen och koordinationen i företagets produktionslogistik. Detta leder till att allt fler parter kan ta del i produktionsplaneringen, produktionen och logistiken. Dessutom menar Yu et al. (2018) att ju mera parterna inom en produktionskedja samarbetar, desto bättre kommer produktionslogistiken att prestera.

Chen, Preston och Swink (2015) kom till samma slutsatser som Yu et al. (2018) i fråga om strategi och beredskap att utnyttja Big Data och BDA. Chen et al. (2015) pekar på undersökningar som visar att merparten av företag inte har implementerat BDA i sin verksamhet eller ens den IT-infrastruktur som behövs. Detta beror helt eller delvis på att i det tidiga skedet av BDA var svårt för beslutsfattare att se skillnaden till vanlig affärsanalys eller på grund av att de dåvarande exemplen inte kunde påvisa tillräckligt med direkt nytta.

Ett problem som både Chen et al. (2015) och Yu et al. (2018) lyfter fram då det kommer till Big Data och BDA är att det inte finns en exakt definition på någondera. Det betyder att när koncepten studeras kommer resultatet att påverkas mycket av respondenternas personliga uppfattningar om ämnet. Dessa uppfattningar skiljer sig i värsta fall väldigt mycket från det område och de syften som forskarna är intresserade av.

Hofmann och Rüsç (2017) bryter i sin forskningsartikel ned konceptet Industry 4.0 i beståndsdelar för att kunna förklara och visa hur IoT i framtiden kunde implementeras i produktion och logistik. Författarna börjar med att definiera nyckelkomponenter hos industry 4.0-konceptet. Dessa nyckelkomponenter är:

- *Cyber Physical Systems* som omfattar högintegrerade informationssystem som sömlöst arbetar autonomt med den fysiska produktionsprocessen.
- *IoT* som kort definieras som ett förhållande där precis alla fysiska objekt kan vara uppkopplade till internet och kommunicera sinsemellan. Typiskt för denna uppkoppling är att IoT-nätverket har uppemot 10^{12} noder medan internet har kring 10^9 noder.
- *Internet of services (IoS)* som omfattar den värdeökning som sker i och med att man skapar icke fysiska tjänster såsom webbaserade tjänster.
- *Smart factory* som innebär att människor, maskiner och gods kommer att kunna kommunicera gränslöst. Dessutom är produktionen i en smart fabrik ytterst anpassningsbar och väldigt lätt att optimera för att kunna ändra produktionen ad hoc för att hålla den kostnadseffektiv.

Sammanfattningsvis definieras Industry 4.0-konceptet som ett system där produkter och tjänster är uppkopplade till internet och möjliggör en flexibel och automatiserad produktionsoptimering utan mänsklig inblandning. Dessutom är nätverken decentraliserat styrda och själva produktionsfaciliteterna kan fatta autonoma beslut.

Vidare undersöker Hofmann och Rüsç (2017) vad implementeringen av industry 4.0 kommer att betyda dels för logistikdelen av produktionen och även dels för den så kallade Kanban-produktionen. Logistikdelen delar författarna in i den fysiska logistiken som skulle påverkas främst av autonom transport samt den digitala värdekedjan som kommer att påverkas mycket mer av

industry 4.0. Den digitala värdekedjan kommer fram för allt att bli länge i och med att data om produkterna samlas även efter att de levererats till kunderna. I och med att data i ett industry 4.0-sammanhang skapar mervärde i sig själv. Dessutom kommer det att skapa ett överspännande ERP-system som innefattar hela logistikkedjan och som möjliggör att alla enheter delar samma data, vilket i sin tur kan minimera eller till och med undvika uppkomsten av bullwhip-effekter. Samtidigt kan ERP bidra till att effektivisera transporters tidtabellsenligt samt minimera logistikens tidsbehov som i sin tur effektiviserar JIT-produktion.

Hofmann och Rüsck (2017) ställer dessutom upp ett antal scenarier som de tror att med största sannolikhet kommer att hända i och med implementeringen av industry 4.0. För JIT-produktionens del är dessa att:

1. Industry 4.0 kommer att möjliggöra mera effektivt och decentraliserat beslutsfattandesamt att materialflöden lättare kan övervakas med hjälp av IoT.
2. Industry 4.0 kommer att leda till allt större integration mellan processer i flödeskedjan och planeringen kommer att ske integrerat för hela flödeskedjan istället för enskilda processer.

För Kanban-produktionens del förutser författarna att:

1. Informationshanteringen kommer bli fullständigt autonom och automatiserad framförallt i lagerhanteringssystem, delvis med hjälp av IoT.
2. Produktionsflexibiliteten kommer att öka och reaktionstiden minska i Kanban-produktion tack vare integrerade informationssystem och IoT.
3. Kanban-produktion kommer att vara uteslutande efterfrågedriven med allt kortare produktionscykler.

2.3.4 Ledningsfaktorer som påverkar produktionslogistiken

Smith och Offodile (2007) lyfter i sin artikel fram vikten av både projektledning och prognostisering såväl som IT-ledning när det kommer till flödesekonomi. Författarna lyfter fram att det som oftast

orsakar ineffektivitet, förlust av möjligheter och kostnader i produktionskedjan är bristen på ovanstående. Bland annat betonar författarna vikten av att alla nivåer och delar av produktionskedjan är medvetna om produktionslogistikens övergripande mål. Om varje delområde känner till de övergripande målen och dessutom kan tillämpa dessa på sina egna områden är chanserna att minska förlusten av möjligheter (opportunity loss) mycket större än om delområdena inte känner till företagets övergripande målsättningar.

Likväl, menar författarna, är det av största vikt att prognostiseringen är transparent och tillgänglig för hela produktionskedjan. Detta bör göras för att minska osäkerhet hos enskilda aktörer, vilket leder till att aktörerna börjar prognostisera själv och bygga buffertlager istället för att följa den övergripande linjedragningen från den överordnade organisationen.

Orsaken till att de enskilda enheterna gör egna prognoser är enligt Smith och Offodile inte entydig men hänförs oftast till bristfällig kommunikation. Det kan vara fråga om bristfälligt samarbete inom organisationen eller bristande tillit till den av organisationen givna informationen. Det som dock påverkar kommunikationen i stor utsträckning är bristfällig systemintegration som gör att olika delar av produktionslogistiken inte kan kommunicera effektivt. Detta kan också leda till eller härleda sig från att de olika delarna av produktionskedjan arbetar på totalt olika sätt med väldigt olika processer, vilket i sin tur leder till att de olika delarna börjar prognostisera autonomt för att tjäna sina egna processer. I och med bristfällig integrering kommunicerar inte heller de separata systemen sinsemellan, vilket förhindrar informationsflödet i organisationen. Detta leder till minskad genomskinlighet, ökade antal fel i prognostiseringen och snabbare växande ineffektivitet i produktionslogistiken till följd av den onda spiral som kommunikationen går in i.

Smith och Offodile (2007) påpekar att en organisation måste arbeta för att avlägsna problem som härrör sig till system och framför allt informationssystem som inte kommunicerar sinsemellan. Författarna anser att det borde vara företagsledningens största prioritet att se till att alla parter i produktionslogistiken kommunicerar och att även de anställda förstår vikten av en fungerande kommunikation och därav också vikten av centraliserad prognostisering. Dessutom ska inte vikten av att på olika sätt mäta effektiviteten hos processerna i produktionslogistiken för att kunna identifiera och avlägsna problem, samt kontinuerligt förbättra produktionslogistikens effektivitet förbises.

Barreto, Amaral och Pereira (2017) beskriver konceptet industry 4.0, dess tillämpningar och utmaningar genomgående i sin konferensartikel. Som övergripande huvudpunkter inom konceptet ligger informationen, informationens mängd, tidsenlighet, tillgänglighet och insamlingsätt. Informationen bör användas så att rätt information finns på rätt ställe, vid rätt tidpunkt och för alla synlig så att man inom SCM kan dra nytta utav den. På detta sätt blir logistiken och produktionen effektivare inom flera aspekter såsom Lean-produktion, flexibilitet och miljövänlighet. För att uppnå nämnda saker behövs på samma sätt som exakthet med informationen exakthet med varor som i sin tur kommer att utnyttas i det som författarna kallar till "Logistics 4.0".

Det som enligt Barreto et al. (2017) definierar Industry 4.0 är tanken att integrera IT-system i produktionen i allt större grad. Detta gäller framförallt inom informationsflödet mellan produktionsmaskiner men också mellan varorna som rör sig genom produktionskedjan för att skapa en mera effektiv och billigare produktion och för att erbjuda kunden mera skräddarsydda lösningar. Eftersom detta anses vara en så omvälvande helhet, har det i branschretsar börjat kallas den fjärde industriella revolutionen.

För att möjliggöra denna industriella revolution behövs cyberfysiska system (CPS, *Cyber Physical System*). De är fysiska system som är sammankopplade med integrerade informationssystem. Informationssystemet möjliggör monitorering och styrning av det fysiska systemet genom trådlösa sensorer, processorer och kommunikationsenheter i systemet. Vidare dragkraft får CPS genom att man kombinerar dessa med AI och IoT (Barreto et al. 2017).

För att vidare tillämpa Industry 4.0 i hela flödeskedjan bör också det som Barreto et al. (2017) kallar för Logistics 4.0 tillämpas, det vill säga industry 4.0-konceptets förlängning i logistiken. Logistics 4.0 behövs i och med den stora mängden valmöjligheter företaget strävar efter att ge kunderna genom Industry 4.0. Valmöjligheterna leder till en allt större komplexitet i flödeskedjorna och därför kan logistiken inte hanteras genom konventionella metoder. För att effektivt kunna omfatta logistics 4.0 måste också beaktas saker som ingår i "Smart Logistics", det vill säga att processer som varit skötta av människor i framtiden kommer skötas automatiskt av till exempel ett CPS. För att denna helhet ska fungera så måste, enligt Barreto et.al (2017) följande saker implementeras effektivt:

1. resursplanering

2. lagerhanteringssystem
3. transporthanteringssystem
4. intelligenta transporthanteringssystem
5. informationssäkerhet.

Barreto et al. (2017) menar till exempel att lager- och transporthanteringssystem uppnår mycket stora positiva effekter genom en implementering av IoT i processerna för att öka möjligheter att följa upp processerna men också genom att koordinera flera aktörer (exempelvis leverantörer) i lager- och transporthanteringssystemen för att öka informationstransparensen och möjliggöra att alla aktörer i produktionskedjan vet vad som händer och var. Resultatet skulle kunna vara att den logistiska delen inom produktionslogistiken blir mera flexibel och kostnadseffektiv i och med minskad lagerhållning och att undvika onödiga körningar för transportfordonen. Som en stor svaghet i denna helhet menar författarna att informationssäkerheten är i och med att den mänskliga faktorns betydelse när det kommer till informationssäkerhet är så stor. Det betyder alltså att människan i detta fall är den svagaste länken, då anställda allt som oftast tar emot nya system utan att förkovra sig i de säkerhetssvagheter som systemen har. För att minska dessa risker, betonar Barreto et al. (2017) vikten av personalutbildning och en företagskultur kring informationssäkerhet som gör det naturligt att de anställda förkovrar sig i säkerhetsaspekter innan nya system eller processer tas i bruk.

Li och Lin (2006) arbetar i sin artikel utifrån informationsflödets påverkan på flödeskedjans effektivitet. De finner att ju mer man inom en flödeskedja delar med sig av diverse information desto effektivare blir produktionslogistiken inom såväl genomflöde och kostnadseffektivitet som anpassningsbarhet vid en förändrad marknadssituation. Likväl finner författarna att det finns en sorts inbyggd motvilja att dela med sig information mellan olika företag i och med att det anses att exklusiv information ger makt över de andra aktörerna. Vidare menar författarna att det finns fem IT-lösningar som kan anses vara i nyckelroll då det kommer till informationsdelning inom organisationer. Dessa är elektronisk datautväxling (electronic data interchange, EDI), elektronisk valutaöverföring (Electronic Fund Transfer, EFT), internet, intranät och extranät.

I sin fallstudie fann Li och Lin (2006) att företag i allmänhet endast uppmärksammar internet, intranät och EDI som avgörande för en fungerande informationsdelning, något som är

motsägelsefullt i och med att det skulle vara avgörande att även externa aktörer i produktionslogistiken skulle få ta del av informationen via till exempel extranet. Som övergripande resultat av sin forskning kunde Li och Lin (2006) presentera att informationsflödet och kvaliteten på informationen mellan parter påverkas märkbart av tilliten mellan parterna, alltså är det av största vikt att finna pålitliga samarbetspartners då företaget bygger sin produktionslogistik. Dessutom påvisar författarna att i företag som presterar bra då det kommer till informationsflödet har förhållandet till samarbetsföretag och underleverantörers osäkerhet störst påverkan på informationsflöde och -kvalitet. Detta sker även om IT-implementation och tydlig styrning från företagsledningen är viktiga.

Christopher (2000) efterlyser i sin artikel om den smidiga produktionslogistiken ett totalt gränslöst samarbete inom det som han kallar "The extended enterprise", alltså fullkomlig tillit till samarbetsparterna och gemensamma strategier och mål, samarbetsparterna emellan. Christopher (2000) påpekar att de företag som bäst kan bygga ett leverantörsnätverk åt sig inom sin produktionskedja och på så vis möta kunden på bästa sätt samt erbjuda de smidigaste lösningar kommer att vara de företag som klarar sig bäst.

Problemet med många produktionskedjor enligt författaren är att samtidigt som merparten av produktionslogistiken är driven av prognoser nås inte hela logistikkedjan av den faktiska efterfrågan. Detta innebär att prognoserna går fel om inte hela logistikkedjan har tillgång till samma information. Därför måste företag lägga vikt vid att produkterna som produceras kan modifieras enligt kundens behov i ett väldigt sent skede och på så vis skapa en smidig produktionslogistik som lätt kan reagera på marknaden. Som nyckelfaktorer för att lyckas med detta lyfter Christopher fram ett nära förhållande till underleverantörer så att produktionen snabbt kan ställas om men också för att detta förhållande kan leda till att man med hjälp av sin underleverantör snabbare kan skapa helt nya produkter för marknadens behov. Likväl är det viktigt att man har så enkla produkter som möjligt. Om merparten av ett företags produkter är komplexa och skapade för en enskild kund kan inte producenten snabbt byta eller ändra produkten efter ändrade behov. Om produkten däremot i stor utsträckning är standardiserad kan den lätt modifieras efter ändrade behov.

Chen, Cheng och Huang (2013) undersöker effektiviteten i en produktionskedja med tre nivåer. Författarna kommer fram till att en implementering av RFID-teknik i produktionslogistiken kan

förkorta den totala tiden det tar från beställning till leverans med hela 89 % jämfört med en produktionslogistik som förverkligats utan RFID. Produktionslogistiken är dessutom transparent och flexibel i och med att RFID-tekniken lätt ger relevant information om produkterna när som helst. Likväl kommer författarna fram till att fördelarna med implementeringen har en mycket god avkastning på inventeringen. Detta med ett ROI-tal på 2,6 det vill säga en avkastning på 260% på den investering som görs då den behövliga tekniken och kunskapen för att implementera RFID i processerna köps in.

2.3.5 Resultat av litteraturstudien

Tanken med litteraturstudien var att hitta ett svar på hur IoT och industry 4.0 har påverkat eller påverkar produktionslogistik samt vilka möjligheter industry 4.0 ger produktionslogistiken. Dessutom ville jag hitta hur produktionslogistikens effektivitet mäts teoretiskt. Vad jag kommit fram till med min litteraturstudie är att produktionslogistiken redan länge varit i en brytningsfas (ex. Christopher 2000, Chen et al. 2013 m.fl.). Marknaden och dess efterfrågan förändras i allt snabbare takt och övergången från den analoga världen där saker sköts fysiskt till den digitala världen där saker sker uppkopplat och framför allt med väldigt liten väntetid som vidare har försnabbat och förstärkt brytningen i produktionslogistiken.

Denna brytning har gjort mätning av KPI livsviktig för effektiviteten i produktionslogistiken. Den flexibilitet som till exempel Christopher (2000) efterlyser berör i allra högsta grad även mätningen av effektivitet och verksamhetsgrad. Vissa åsiktsskillnader finns om vilka KPI som ska mätas men samtliga studerade artiklar visar att mätprocessen och mätningarna ska stöda företagets produktionslogistiska strategi samtidigt som maximal nivå av kundtillfredsställelse bibehålls eller byggs upp. Beamon (1999) gav mycket vikt åt att inte blanda mätparametrar med orelaterade mätobjekt, till exempel att ett mätobjekt är en icke-monetär faktor men mätparametern är en mängd pengar. Samtidigt bör mätparametrarna enligt Beamon (1999) vara kvantifierbara för att de ska lätt kunna mätas. Alltså är parameterutslag som "bra" eller "dåligt" inte att rekommendera.

Balans mellan icke-monetära och monetära mätobjekt krävs likväl främst till följd av att om fokus ligger för mycket till exempel på monetära aspekter, glöms de aspekter som är kopplade till kundtillfredsställelsen och vice versa. Följaktligen behövs också balans mellan mätobjektens placering i produktionskedjan. Det vill säga att alla processer mäts över hela kedjan och inte endast

exempelvis vad produktionen beställer i början av kedjan och senare endast kundtillfredsställelse och total kostnad i slutet av produktionskedjan.

Kommunikation mellan de olika enheterna inom produktionslogistiken är även i fokus vid mätbarhet. Detta i och med att det, som tidigare nämnts, behövs balans i mätningarna över hela produktionslogistiken. Finns inte balansen kan det hända att KPI inte motsvarar det som en enhet de facto gör eller producerar. Detta resulterar i ineffektiv uppföljning och följaktligen ineffektiv produktion. En sammanfattning över vad som enligt min slutsats bör mätas, främst i och med den nya Industry 4.0-omgivningen, har jag sammanställt i tabell 2. Tabellen har jag sammanställt utgående från Beamon (1999), Georgakopoulos et al. (2016), Smith och Offodile (2007) samt Christopher (2000). I tabellen har jag försökt göra en tydlig skillnad mellan monetära och icke-monetära nyckeltal, men jag har inte skiljt mellan processdrivna och kunddrivna nyckeltal i och med att jag anser att dessa går hand i hand med de monetära och icke-monetära nyckeltalen.

Tabell 2: Lista på föreslagna KPI

Monetära	Icke-monetära
Lagerkostnader	Produktionsmaskinernas utnyttjandegrad
Försäljningsvinst	Processtid (lead-time)
Personalkostnader	Grad av automatisering
Produktionsmaskinernas användningsgrad	Absoluta felet i produktionsprognoserna
	Kundtillfredsställelse
	Antal reklamationer
	Grad av mjukvaruintegrering i produktionskedjan
	Produktionsmaskinernas användningsgrad

I och med att den snabba responsen blivit en nyckelfaktor för en lyckad produktionslogistik har informationsflödet inom produktionskedjan fått en allt mer vägande roll (Li & Lin (2006), Christopher (2000)). För att kunna fatta snabba beslut behöver organisationerna så fullständig information som möjligt och snabbt. För att informationsgången ska vara så effektiv som möjligt behövs tekniska lösningar där alla delar i ett företag kan få tillgång till samma information, vilket kunde ske exempelvis via ett extranet. Som följd blir standardisering uppenbart viktigt, det vill säga att en organisation har en strikt IT-organisation som omöjliggör att olika delar av nätverket använder sig av olika processer, metoder eller program, för att undvika problem som uppstår då olika programvara inte kan läsa dokumentation som kommer från en annan programvara. En lösning kunde i viss mån vara RPA. Det vill säga att ansvaret för till exempel dokumentation överförs från en person till ett program som därmed också bestämmer hurdana filformat som används.

Som en följd av att företaget måste kunna reagera på information som kommer till logistikkedjan från olika håll måste det även samla information så effektivt som möjligt. Detta innefattar såväl marknadsinformation som information från de egna processerna. I det förra fallet kan det till exempel handla om data från sociala medier eller stamkundsprogram som man enligt Yu et al. (2018) kan ta fram genom BDA. Det senare innefattar information direkt från produktionen hela vägen från råvara till kunden och tillbaka. Den kan enligt Barreto et al. (2017) samlas genom en effektiv implementering av industry 4.0 och därmed också logistics 4.0, alltså att man genom

sensorer samlar data om var varor rör sig, hur länge de rör sig med mera. Data kan också samlas enligt Georgakopoulos et al. (2016) från produktionsmaskinerna såväl som sensorer i arbetarnas kläder, vilket ger en ännu bredare bild av produktionen.

Ett stort problem då det kommer till Industry 4.0 och informationsflöden är mängden information som måste bearbetas före den kan användas och när den ska användas. Data finns i sådana ofantliga mängder att det knappt är möjligt att bearbeta de. För att möjliggöra effektivare informationsbearbetning i en industry 4.0-miljö, efterlyser Georgakopoulos et al. (2016) edge computing- system som bearbetar information direkt då den samlas, före data laddas upp till en centraldatabas. Först då de råaste data bearbetats laddas de till en central databas varifrån data sedan kan användas till de behov man har. Likväl lyfter Yu et al. (2018) fram vikten av en effektiv och lyckad Big Data-politik och BDA för att man ska kunna använda sig av information på ett framgångsrikt sätt. För detta ändamål krävs därför en mogen IT-organisation.

I en Big Data-miljö kan inte heller bortses från datamaterialets kvalitet. Om en organisation inte lyckas med att isolera data av bra kvalitet kommer organisationen inte heller att kunna producera en slutprodukt som fyller alla kriterier för god kvalitet. Alternativt kan inte organisationen producera sådan kvalitet att kundförhållandet hålls på en god nivå. (Yu et al. 2018, Li & Lin 2006, Ahmad & Zailani 2007).

Som alltid när data diskuteras, diskuteras även datasäkerhet. Datasäkerhet blir den efterfrågade öppenheten inom organisationen till trots också en stor faktor att ta i beaktande dels för att företagen måste kunna lita på att företagshemligheter inte når offentligheten men också för att de måste kunna lita på att data som samlas inte är korrumperade eller blir korrumperade av dataintrång.

Det största problemet med ibruktagandet av Industry 4.0-konceptet verkar vara bristen på forskning i området och således också bristen på praktiska exempel på hur en ibruktagningsprocess ska se ut. Dessutom saknar konceptet eller dess komponenter helt eller delvis standardisering, vilket i sin tur försvårar ibruktagandet.

3 Fallstudier

3.1 Beskrivning av forskningen

Forskningsdelen i avhandlingen består av tre stycken fallstudier där jag genom BPMN-modellering undersöker fallföretagens flödeskedja. Jag undersöker flödeskedjorna som de är och utifrån dessa modelleringar påvisar hur saker kan göras bättre, smidigare och effektivare genom implementering av integrerade affärssystem, främst genom implementering av ett välfungerande extranet.

Materialet som jag byggt processmodellerna kring härstammar från intervjuer som Henri Schwartz (2019) har gjort med företag 1 och företag 2 samt med de processbeskrivningar som Schwartz (2019) har gjort utifrån dessa intervjuer. Till det tredje fallet med företag 3 har jag använt mig av information som företaget har bidragit med till det projekt som denna avhandling tillhör.

Ett extranet är ett internt kommunikationsnätverk som företagets kunder och/eller leverantörer även har tillgång till. Den stora fördelen med ett välfungerande extranet är att alla parter har tillgång till samma datamaterial. Man behöver alltså inte skicka ritningar, modifierade ritningar, beställningar, beställningsbekräftelser etc. per post eller e-post. Istället har alla tillgång till dessa dokument via extranet. Informationsflödet är alltså snabbare och mindre utsatt för misskommunikation i form av exempelvis bortglömda e-post eller bristfällig versionshistorik.

Processmodellerna som beskriver företagen presenteras i bilagorna.

3.2 Beskrivning av forskningsobjekten

3.2.1 Företag A

Företag A är en stor internationell aktör inom maritim-, försvars- och sensorindustrin. Företagets marinindustri producerar allt från platsbestämningslösningar och styrsystem för broar till propulsion- och energiteknik för fartygsindustrin. Företagets enhet i Finland producerar bl.a. propulsionsteknik (propellrar) för varvsindustrin (företagets webbsida, 2020). Finlandsenheten

hade år 2019 en omsättning på ungefär 246,3 miljoner euro och ett rörelseresultat på ca 10,5 miljoner euro (finder.fi. 2021).

I en intervju med företag A om vad företaget anser att IoT och mera Industry 4.0-orienterad produktion kommer att innebära lyfte företagets representant fram att de tror att antalet mätpunkter kommer att öka i produktionskedjan samt att den interna viktningen mellan företagets KPI:er kommer att förändras. I nuläget mäter företaget fem stycken KPI:er månatligen. Dessa är inbesparingar i tid och pengar, kundens leveransprestanda (Customer Delivery Performance), levererade produkters tidsenlighet (D2) (mäts med olika parametrar), lagervärde samt leverantörskvalitet. Leverantörskvalitet mäts med ett viktat värde (ppm) som beskriver undantag i de levererade produkterna.

D2 KPI är en parameter som fortsätts att följas upp om villkoren för parametern uppfylls. Ifall man presterar över eller under den parametern så görs det förbättringar i processerna.

Den största förändringen som företaget tror att kommer hända vid en övergång till ett industry 4.0-produktion samt ibrukttagandet av bättre interna processer (till exempel i den form som jag beskrivit) är att man med sina KPI:s kommer att kunna följa upp sin nuvarande och kommande produktion. Detta istället för nuläget där man främst kan mäta och se den produktion som redan har förverkligats.

3.2.2 Företag B

Företag B är ett finländskt företag aktivt inom skogsbruksindustrin. Företaget tillverkar skogsbruksmaskiner för både den nationella och internationella marknaden. Företaget säljer såväl nya som begagnade maskiner. Utöver själva fordonen säljer företaget också informationssystem till skogsbruk såväl som olika tillbehör till skogsbruksmaskiner. Företaget omsatte år 2019 531,5 miljoner euro med ett rörelseresultat på 50,3 miljoner euro.

I en intervju med Företag B kom det fram att man inom företaget är på märkbart olika nivå då det kommer till strategiska mått och operativa KPI:er. Till exempel inköpsavdelningen håller som bäst på med processen att ta fram nya mätare medan produktionen har inkörda och fungerande mätare.

Hur mätarna har tagits fram kunde inte personerna som ställde upp på intervjun svara på. Till det yttre verkar det dock som att man tagit mätare i bruk som brukar användas i produktionsindustri, utan att desto mera reflektera över huruvida mätarna passar ihop med företagets strategi. Då jag frågade om hur företaget förhåller sig till de möjligheter som industry-4.0 medför så var responsen positiv. Företaget medger själv att de inte har de modernaste lösningarna och att de inte har till exempel beredskap att mäta företagets eller produktionens nivå av digitalisering. Företaget har dock kommit så pass långt att deras underleverantörer i viss mån är kopplade till företagets extranät.

Det som företaget önskar i likhet med företag A är att somliga parametrar skulle visa situationen som den är och inte som den varit vid ett tidigare skede eller som den förverkligats, till exempel i KPI:s kopplade till kvalitets- och kontrollmätningar.

När det kommer till vad företaget mäter, kan mätarna delas in i strategiska, operativa och kvalitativa mätare. Inköpsavdelningen gav mig ingående information om vilka mätare de mäter. Dessa är följande:

Leverantörsspecifika mätare

- avvikelser
- kvalitetsfel (ppm)
- leveranssäkerhet
- av leverantören beroende brister
- köp per år
- orderstorlek.

Strategiska mätare som mäter tillförlitligheten hos leverantören

- lagervärde
- omsättningstid
- inköpsskuld
- totala inköp från leverantören
- totala av leverantören beroende brister.

Operativa mätare som mäter hur man själv presterar gentemot inkomna beställningar

- förfallna beställningar
- komponenter med 0 lagersaldo
- inköpsförfrågningar
- obekräftade beställningar.

Produktionen å sin sida mäter (osorterat)

- tidsenlighet
- färdiga produkter jämfört med planerat antal produkter
- kvalitet på slutprodukten
- från produktionen rapporterade problem
- produktion på dagsbasis.

Enligt egen utsago känner intervjupersonerna inte till hur mätobjekten har valts. Trots det ingår mätobjekten i de delområden som Gunasekaran et.al. (2004) har plockat fram. Företaget har dock mycket att utveckla med tanke på en Industry-4.0 synvinkel.

3.2.3 Företag C

Företag C är en leverantör av olika styr- och kommunikationssystem för maskiner. Till exempel producerar företaget styrsystem för Finlands största hisstillverkare. Utöver detta producerar företaget också olika analyssystem och system till hälsovårdsindustrin. Företagets omsättning var 2019 2,5 miljoner euro och rörelsevinst 11,5 miljoner euro. Jag har inte lyckats nå företag C för diskussion om deras KPI:er, inte heller har jag kunnat presentera mina processmodeller för dem för att få en kommentar om deras riktighet.

3.3 Beskrivning av processerna

3.3.1 Företag A

Företag A:s processkedja (bilaga 1) består av kunden, företaget och företagets underleverantör. Underleverantören producerar elektromekaniska system för företagets produktion. Dessa system används för att producera företagets slutprodukt som sedan levereras till kunden. För att hålla processmodellerna klara och läsbara har jag valt att spjälka hela produktionsprocessen i tre delar. Den första delen täcker planerings- och produktionsfasen, den andra revisionsfasen och den tredje en eventuell reklimationsfas.

Den första fasen börjar med att företaget gör ett estimat samt förberedande beställning som skickas till underleverantören per e-post. Därefter följer ett möte med kunden under vilket kraven för slutprodukten sätts. Företaget gör en produktionsplan samt planerar produkten varefter företaget skickar en beställning, per e-post, till underleverantören på de delar som företaget behöver. När underleverantören får beställningen följer vissa interna processer varefter underleverantören manuellt (per e-post) måste be om produktionsdokument (ex. ritningar) som företaget har förberett. Efter denna förfrågan kan företaget skicka produktionsdokumenten, återigen per e-post. Först efter denna process kan underleverantören övergå till förproduktionen och manuellt skicka en orderbekräftelse varefter underleverantörens produktion kan påbörjas.

Revisionsfasen påbörjas med att företaget per e-post skickar revisionsuppgifterna till kunden som går igenom dessa och gör eventuella förändringar i ritningar eller planer. Kunden skickar sina förändringar per e-post till företaget som i sin tur gör en ny beställning per e-post till underleverantören. Underleverantören i sin tur fakturerar företaget per e-post för det nya arbetet.

Reklamationer skickar kunden till företaget per e-post. På företaget för en anställd manuellt in reklamationen till kvalitetssäkringssystemet QMS (Quality Management System). QMS skickar ett automatiskt meddelande till en av företagets anställda som uppmanar till att vidarebefordra reklamationen till underleverantören. Företagets anställda skickar sedan reklamationen per e-post till underleverantören. Underleverantören å sin sida genomför vissa interna

kvalitetssäkringsprocesser. Efter underleverantörens interna processer för företaget och underleverantören en e-postdiskussion om ansvaret för reklamationen.

Detta informationsflöde är fullständigt bundet till e-postkonversation och samtidigt fullständigt ogenomskinligt. Dessutom är uppsättningen ytterst dålig för kommunikation och uppföljning. Detta problem är något jag ämnar åtgärda i min hypotetiska processmodell. Dessutom har företag A uttryckt att deras nuvarande extranet inte tillåter en fungerande kommunikation mellan företag och företagets extranet saknar viktiga funktioner såsom uppföljning eller prognostisering till följd av att systemet inte automatiskt kan ge ut nyckeltal för verksamheten. Vissa av dessa svårigheter beror på att företaget är en del av en internationell koncern som inte nödvändigtvis tillåter lokal implementering av egna system.

3.3.2 Företag B

Processkedjan för företag B (bilaga 3) består av kunden, företaget, underleverantör samt första och andra nivåns tillverkare. I detta fall har kunden inte en stor roll i och med att produkten som kunden kan beställa är katalogvara med endast små möjliga modifieringar som härrör sig från produktens utseende eller utrustning. Kunden har alltså inte möjlighet till en fullständigt skräddarsydd produkt. Företagets nuvarande extranet innefattar underleverantörerna och innehåller funktioner såsom orderuppföljning, kvalitetssäkringssystem och dokumentering samt rapportering. Alla företagets delar är uppkopplade till samma extranet och beställningsprocessen är därför lätt att följa från beställning till slutgiltig produkt. Det som företaget önskar ur följande uppdatering av extranet är mera specifika användargrupper, bättre användarerfarenhet samt bättre informationsflöde uppåt i kedjan. Det bättre informationsflödet skulle innefatta produktionsinformation samt uppföljning av beställningar.

Processen börjar med en beställning från kunden som företaget bekräftar i och med att de gör upp köpeavtalet. Företaget gör de beställningar som behövs via det redan befintliga extranet till underleverantören och första nivåns tillverkare. Underleverantören producerar de beställda delarna och skickar delarna till företaget. Första nivåns tillverkare däremot tillverkar de beställda delarna och skickar dem sedan till andra nivåns tillverkare för vidare bearbetning. Då andra nivåns tillverkare har processerat delarna skickas delarna till företaget.

Då företaget fått alla delar kan företaget egen produktion ta vid, vilket innebär egen tillverkning, montering och testning samt slutligen leverans av slutprodukten.

3.3.3 Företag C

Processkedjan i fall C (bilaga 5) består av kunden, företaget som levererar till kunden samt företagens underleverantör. Produktionsprocessen börjar med att kunden gör en beställning i sitt eget extranet. Företaget gör samtidigt en prognos över kommande produktionsbehov som skickas till underleverantören per e-post. Företagen tar del av kundens beställning i kundens extranet, varefter företaget också tar del av produktionsdokument från kundens extranet. Då företaget fått alla behövliga dokument skickas en orderbekräftelse per email till kunden.

Efter att orderbekräftelse skickats, laddar företaget upp ordern i sitt eget ERP-system samt till kundens extranet. Först efter dessa processer skickas en beställning till underleverantören. Underleverantörens påföljande produktion följs upp per e-post från företagens sida. Kommunikation om förseningar, obesvarade beställningar eller prognostiseringar sköts också per e-post mellan företaget och underleverantören. Då företaget fått de delar som beställts av underleverantören byggs slutprodukten ihop varefter leverans till kunden följer.

Företaget är själv medvetet om att stora delar av dess utmaningar består av att företaget inte har något extranet och att uppföljningen av produktionen eller nyckeltalen därför är kraftigt försvårad. Dessutom har företaget lyft upp som ett vägande problem att produktkoder hos kunden och företaget inte överensstämmer. Det krävs alltså mycket arbetskraft från företagens sida att se till att informationsflödet är korrekt och smidigt. Detta skulle företaget vilja komma ifrån med implementering av ett extranet i sin verksamhet.

3.4 Resultat från fallstudierna

3.4.1 Företag A

Företag A hade ett mycket invecklat och samtidigt outvecklat processflöde. Flödet baserade sig i stor utsträckning på e-postkommunikation och manuell hämtning av till exempel ritningar från en databas som sedan skickas till andra delar av flödeskedjan. Det fanns alltså en betydande brist på informationstransparens, vilket leder till potentiellt växande ineffektivitet.

I min hypotetiska modell (bilaga 2) har jag implementerat ett extranät för att ta bort dessa informationsbarriärer. All kommunikation om prognostisering och produktion sker via extranätet. På detta sätt säkerställs det att informationen finns på garanterat rätt plats och kan nå rätt avdelning vid rätt tid. I och med att underleverantörerna har tillgång till extranätet behöver ingen anställd på företag A manuellt söka upp produktionsdokument i företagets intranät och skicka dessa till underleverantörerna. Likväl kommer de underleverantörer som redan tidigare varit kopplade till det befintliga extranätet inte att stöta på de tillgänglighetsproblem som fanns tidigare. Extranätet är internetbaserat och kräver förhoppningsvis inte att terminalen som man kopplar upp till extranätet är auktoriserad av företaget.

Jag har inte ändrat på ordningen på processerna. Men i och med att allt sker över extranätet och att vissa processer såsom fakturering kan automatiseras med RPA-teknik kan företaget spara in avsevärt mycket tid dels i minskad fördröjning mellan processerna men dels i minskad tid på dokumentation och att söka dokument.

3.4.2 Företag B

Företag B:s utgångspunkt är avsevärt mycket bättre än företag A:s och syftet med företag B:s utvecklingsprojekt var att gå in i en ny fas i dess extranetmiljö. Det vill säga att öka informationsflödet framför allt uppåt i produktionskedjan genom ökad uppföljbarhet av produktionen.

Viktigt i sammanhanget är framförallt företagets KPI-tal som bör vara relevanta och kopplade till företagets strategi. Uppföljning av dessa ger mycket information till företagets ledning om hur företagets delar presterar. För att ytterligare öka informationstillgången betonar jag implementeringen av Industry 4.0-konceptet och i detta skede främst ibruktagandet av RFID-teknik i företagets processer (bilaga 4).

Med hjälp av RFID-tekniken kan företaget se var produkterna rör sig i produktionen genom att dessa automatiskt eller semiautomatiskt uppdaterar leverans- eller produktionsstatus till extranätet. Med hjälp av densamma kan företaget också förse sin kund med information i realtid samt lättare och med större noggrannhet informera om förändringar i produktions- samt leveranstid. RFID-tekniken kräver en betydande investering men skulle ta företagets produktionslogistik in i Industry 4.0-eran samtidigt som företaget skulle kunna öka sin kundkontakt med RFID-taggade maskindelar. Till exempel kunde man lätt veta exakt vilka delar som måste bytas ut på en söndrig maskin genom att läsa den söndriga delens RFID-tagga även om denna del inte är uppkopplad till maskinens dator.

3.4.3 Företag C

Företag C har redan kommit en bit in i Industry 4.0-eran i och med att det till exempel hämtar data från sina kunders extranät med hjälp av RPA-teknik. Det finns dock vissa delar som fortfarande sköts med epostkommunikation eller saker som görs dubbelt i och med dubbla system (det egna och kundens). Dessutom har företaget inget eget extranät.

I min modell (bilaga 6) implementeras ett eget extranät hos företaget. Med hjälp av det hämtas data från kundens extranät fortfarande med RPA-teknik. Till följd av att man implementerat ett extranät behöver företaget inte manuellt uppdatera orderstatusen till sitt ERP-system eller till kundens extranät utan detta sköts automatiskt då företaget uppdaterar orderstatusen i sitt eget extranät. Orderuppföljningen med företagets underleverantörer som tidigare sköttes per e-post sköts i min modell automatiskt av företagets extranät. Tanken är att företagets underleverantörer ska kopplas till företagets extranät för att snabbt och effektivt kunna ta del av beställningar, tidtabeller och ritningar m.m. Samtidigt får underleverantören möjligheten att uppdatera orderstatus till företagets extranät för att på så sätt underlätta informationsflödet uppåt i produktionskedjan.

3.5 Sammanfattning av forskningsresultaten

Det som jag har föreslagit härrör sig till informationsflödet inom produktionskedjorna eftersom det i samtliga företags produktionskedjor funnits brister i informationsflödet, både uppåt och neråt i produktionskedjan. Nedåt i den form att olika aktörer inte i realtid har kunnat få information eller att man har varit tvungen att be om information som söks upp manuellt hos företaget. Uppåt å sin sida i att företagen har svårigheter att följa med vad som sker i produktionen hos underleverantörerna.

Dessa åtgärder har jag föreslagit för att förbättra informationsflödet åt alla riktningar i produktionskedjan. Med detta strävar jag efter att minska ineffektiviteten i produktionskedjan som onödig lagerhållning, överlånga produktionstider eller kunder som inte är nöjda med kvaliteten av produkter eller tjänster som företaget erbjuder.

3.5.1 Den ideala produktionslogistiken

För att bygga upp den ideala produktionslogistiken i en överskådlig modell har jag utgått från det som jag funnit viktigast i min litteraturstudie. Dessa faktorer är följande:

1. Informationsflödet både uppåt och neråt i produktionskedjan bör fungera problemfritt, vilket kräver:
 - a. tillgång till det huvudsakliga företagets extranet och att ett extranet finns.
 - b. att aktörernas extranet och ERP-system kan kommunicera sinsemellan, framförallt om de olika aktörerna inte har samma system.
2. Mätbarhet som möjliggörs av:
 - a. väldefinierade KPI som alla berörda parter känner till och vet hur de kan påverka. Dessa bör också aktivt följas upp av företagsledningen
 - b. kommunikativ sensorteknik, såsom RFID, som möjliggör uppföljning av produktionen i realtid.
3. Att det inte finns barriärer för kommunikation, d.v.s. implementering av "The extended enterprise" (Christopher, 2000) alltså att:
 - a. inga produktionsdokument kommuniceras utanför extranätet

b. all väsentlig produktionsinformation finns på rätt plats vid rätt tid på extranätet.

4. Implementering av Big Data och BDA för effektiv prognostisering.

Vidare har jag beslutat att endast modellera utifrån att modellföretaget producerar en slutprodukt åt kunden och inte fungerar som underleverantör för att begränsa processmodellernas storlek så att de ska vara hanterbara.

Modellprocessen (bilaga 7) baserar sig på företag A:s produktionsprocess och börjar simultant med att kunden har ett behov för en produkt. Samtidigt gör modellföretaget en prognos över framtida produktionsbehov baserat på Big Data-analys. Denna prognos har underleverantören fri tillgång till via extranätet och kan på så sätt bättre planera sin produktion. Baserat på Big Data-analysen gör modellföretaget en preliminär beställning på delar till underleverantören via modellföretagets extranät.

Kunden gör en beställning enligt sina behov. Modellföretaget gör utifrån beställningen det planeringsarbete som behövs, dokumenterar på extranätet och gör en slutgiltig beställning till underleverantören, återigen via extranätet. Samtidigt som underleverantören gör sina interna processer som följd av beställningen, förbereder modellföretaget produktionsdokumenten och laddar upp dem på extranätet så att underleverantören smidigt kan få tillgång till dem.

Då underleverantören hämtat produktionsdokumenten övergår underleverantören till produktionsfas och bekräftar beställningen i extranätet. Under produktionen skickas kontinuerligt bekräftelser antingen manuellt eller med RFID-teknik (eller motsvarande automatik) till extranätet för orderuppföljning. Efter produktionsfasen kan underleverantören skicka beställningen till modellföretaget som åtar sig sina egna produktionsprocesser. Slutligen kan slutprodukten levereras och processen avslutas. Under hela processen har kunden haft möjlighet att följa upp sin beställning via sin personliga uppkoppling till modellföretagets extranät.

4 Diskussion

4.1 Resultat

Frågorna som jag ämnade svara på med min forskning var som följande:

1. Vilka faktorer bör beaktas då man mäter effektiviteten av produktionslogistik?
2. Hur mäts effektivitet i finländska företag idag, d.v.s. vilka KPI använder sig företagen av?
3. Hur kan IoT tillämpas i produktionslogistik och hur kan möjligheterna som IoT ger utnyttjas?

Med min forskning har jag hittat svar som täcker frågorna helt eller delvis. På den första frågan finns det redan en bred samsyn inom forskningen (ex. Gunasekaran et. al. 2004 och Christopher 2000).

För att på ett ändamålsenligt sätt kunna mäta effektivitet bör man se till att:

- mätningarna tjänar företagets strategi.
- de anställda känner till både strategi och mätobjekt.
- det finns en balans mellan både monetära och icke-monetära mätobjekt.
- icke-monetära objekt inte mäts med en monetär parameter.
- kommunikationen mellan olika parter inom och utanför organisationen är barriärfri och så smidig som möjligt.

Svaret på den andra frågan var ganska förväntat en samling av väldigt lika KPI:er. Det jag kunde komma fram till baserat på de diskussioner som jag hade med företagens representanter är att företagen åtminstone hittills har gått enligt vad jag kallar "klassiska" mätobjekt. Det vill säga att de mäter tidsenlighet, brister i kvalitet och lagervärden samt i viss mån KPI:er kopplade till underleverantören. Dessa faktorer mäts utan eftertanke med hänsyn till företagets strategi och mål. Gemensamt för företagen var att de förstod att övergången mot industry-4.0 kommer att kräva mera eftertanke och i viss mån ändrade KPI:er för att tjäna företagets syften i Industry-4.0-miljön. I tabell 1 har Gunasekaran et al. (2004) sammanfattat områden och faktorer som de tycker att är goda mätobjekt. I tabell 2 har jag sammanfattat vilka faktorer jag anser kan vara bra att mäta, i stor utsträckning baserat på Gunasekaran et. al. (2004).

Tredje frågan har jag svarat på dels genom mina process-modelleringar där jag illustrerat både nuläge och förändringsförslag. I modellerna har jag påvisat hur man kan utnyttja IoT i processer för att göra dem effektivare. Jag kom fram till att läget med Industry 4.0 beror på vilket företag som granskas. Samtidigt som vissa företag kommit långt med att implementera exempelvis IoT så har andra ett knappt fungerande extranät. Vidare har jag med en hypotetisk modell påvisat hur man kan bygga en process som grundar sig på industry 4.0-konceptet.

Mycket av mina förslag baserar sig på Christophers (2000) antaganden om gränslös kommunikation inom det utvidgade företaget (extended enterprise), där samtliga delar har tillgång till fullständig information. Såväl som Li & Lins (2006) antaganden om informationsflöde och effektivitetsökning till följd av att alla parter litar på varandra och delar information. Det jag strävar efter i mina förslag är att förbättra informationsflödet och i enlighet med Bottani et. al (2010) tillämpa sensorteknik för informationsinsamling som i sin tur leder till en möjlighet att förbättra prognostisering och processer genom BDA, såsom Yu et. al. (2018) beskrev om den datadrivna produktionslogistiken. Detta stöds också av Chen et. al. (2013) som kunde påvisa en märkbart minskad responstid och en betydande avkastning på investerade medel till följd av RFID-implementation.

Min slutsats i frågan är att det de facto inte sker en vidare stor brytning i vad man mäter då man utvärderar effektivitet efter att man implementerat IoT. Däremot uppnås en avsevärt mycket större beredskap att upptäcka flaskhalsar och identifiera svaga länkar inom produktionslogistiken. Detta i och med att de mera sofistikerade mätverktygen som IoT innebär bidrar med ett avsevärt mycket större informationsflöde uppåt i logistikkedjan.

4.2 Avslutning

Att Finland ligger på världens avkrok när det gäller produktion och logistik har blivit väldigt klart under den år 2020 och 2021 härjande coronapandemin. Statens beredskapscentral pumpar pengar in i rederierna för att hålla fartygen i trafik. Långa transportsträckor betyder höga avgifter som det inte går att spara pengar på vilket resulterar i förlust av både produktion och konsumtion av finska produkter. Det senaste exemplet är Nestes beslut att förlägga sitt nya raffinaderi i Rotterdam framom Borgå (ex. Mannermaa, Mäntylä och Hirvonen 2021 eller Mäntylä 2021). Jag har i min avhandling presenterat hur man däremot kan spara pengar genom att effektivera sin produktion.

Med hjälp av tidigare forskning har jag kunnat påvisa att det är möjligt att effektivera produktionslogistiken. Med hjälp av effektiv processtyrning genom KPI, med hjälp av implementering av Industry 4.0-konceptet samt genom förbättrat informationsflöde uppåt och neråt i produktionskedjan. Baserat på dessa har jag modellerat hur tre stycken företag kunde förbättra sina processer. Dessutom har jag modellerat en hypotetisk idealprocess där man implementerat ovannämnda saker.

Fältet jag undersökt är högaktuellt men i och med den snabba takt som förändringar sker har allting inte nödvändigtvis undersökts på akademisk väg. Vidare har inte väldigt många företag implementerat Industry 4.0, alltså är det svårt att fastställa bästa praxis för implementering eller hur man når bästa effektivitet.

4.3 Fortsatt forskning

Det som i min mening skulle vara betydelsefullt att forska vidare i inom detta område skulle framför allt vara hur IoT och Big Data kan förändra och förbättra prognostisering i produktionen för att mera effektivt förutse förändringar i efterfrågan och tackla dessa. Vidare skulle mera ingående fallstudier om implementeringen av IoT och Industry 4.0-konceptet vara mycket välkomna för att de facto kunna se och mäta effekterna av implementeringen av industry 4.0 - miljön. Dessutom anser jag att det ur ett organisations- och ledningsperspektiv skulle vara ytterst intressant att undersöka fördelarna och nackdelarna med den ökade kommunikationen som den fjärde industriella revolutionen innebär.

4.4 Bias, konflikter

Jag kan inte påvisa intressekonflikter i varken förhållandet till forskningsobjekten eller forskningsprojektet. Jag har inte fått ersättning för mitt arbete och jag har inte haft ett anställningsförhållande till vare sig företagen eller Reboot IoT Factory-projektet. Materialmässigt kan det finnas vissa felaktiga iakttagelser i och med att somliga artiklar är upp till 21 år gamla. Detta kan ha viss påverkan i och med att fram för allt Industry 4.0-fältet snabbt utvecklas.

5 Källförteckning

Alles, M., Amershi, A., Datar, S., & Sarkar, R. (2000). Information and incentive effects of inventory in JIT production. *Management Science*, 46(12), 1528-1544.

Ahmad, B. D. & Zailani, S. (2007). The effect of information quality on buyer-supplier relationships: a conceptual framework. *7th Global Conference on Business & Economics*

Anandarajan, M., Anandarajan, A., & Wen, H. J. (1998). *Extranets: A tool for cost control in a value chain framework* MCB UP Ltd.

Arzu Akyuz, G., & Erman Erkan, T. (2010). Supply chain performance measurement: A literature review. *International Journal of Production Research*, 48(17), 5137-5155.

Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: An overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.

Bayraktar, E., Koh, S. L., Gunasekaran, A., Sari, K., & Tatoglu, E. (2008). The role of forecasting on bullwhip effect for E-SCM applications. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 193-204.

Beamon, B. M. (1999). Measuring supply chain performance. *International Journal of Operations & Production Management*,

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.

Birkel, H. S., & Hartmann, E. (2019). Impact of IoT challenges and risks for SCM. *Supplik Chain Management: An International Journal*, 24(1), 39-61.

- Bottani, E., Montanari, R., & Volpi, A. (2010). The impact of RFID and EPC network on the bullwhip effect in the Italian FMCG supply chain. *International Journal of Production Economics*, 124(2), 426-432.
- Calatayud, A., Mangan, J., & Christopher, M. (2019). The self-thinking supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(1), 22-38.
- Cai, J., Liu, X., Xiao, Z., & Liu, J. (2009). Improving supply chain performance management: A systematic approach to analyzing iterative KPI accomplishment. *Decision Support Systems*, 46(2), 512-521.
- Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., & Simchi-Levi, D. (2000). *Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: The impact of forecasting, lead times, and information* INFORMS.
- Chen, D. Q., Preston, D. S., & Swink, M. (2015). How the use of big data analytics affects value creation in supply chain management. *Journal of Management Information Systems*, 32(4), 4-39.
- Chen, J. C., Cheng, C., & Huang, P. B. (2013). Supply chain management with lean production and RFID application: A case study. *Expert Systems with Applications*, 40(9), 3389-3397.
- Christopher, M. (2000). The agile supply chain: Competing in volatile markets. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 37-44.
- Danese, P., Romano, P., & Bortolotti, T. (2012). JIT production, JIT supply and performance: Investigating the moderating effects. *Industrial Management & Data Systems*, 112(3), 441-465.
- Dilley, J., Maggs, B., Parikh, J., Prokop, H., Sitaraman, R., & Weihl, B. (2002). Globally distributed content delivery. *IEEE Internet Computing*, 6(5), 50-58.
- Forrester, J. W., & Brink, H. M. (1961). *Industrial dynamics*, students' edition.

Georgakopoulos, D., & Jayaraman, P. P. (2016). Internet of things: From internet scale sensing to smart services. *Computing*, 98(10), 1041–1058.

Georgakopoulos, D., Jayaraman, P. P., Fazia, M., Villari, M., & Ranjan, R. (2016). Internet of things and edge cloud computing roadmap for manufacturing. *IEEE Cloud Computing*, (4), 66-73.

Gunasekaran, A., Patel, C., & McGaughey, R. E. (2004). A framework for supply chain performance measurement. *International Journal of Production Economics*, 87(3), 333-347.

Gunasekaran, A., & Kobu, B. (2007). *Performance measures and metrics in logistics and supply chain management: A review of recent literature (1995–2004) for research and applications* Taylor & Francis.

Hofmann, E., & Rüsçh, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34.

Li, S., & Lin, B. (2006). Accessing information sharing and information quality in supply chain management. *Decision Support Systems*, 42(3), 1641-1656.

Madakam, S., Lake, V., Lake, V., & Lake, V. (2015). Internet of things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(05), 164.

Mannermaa J., Mäntylä J-M., Hirvonen S. (2021). Rotterdam voitti Porvoon kisassa Nesteen uudesta jalostamosta - Kaupunginjohtaja: Pettymys sekä kaupungille että Suomelle. YLE

Url: <https://yle.fi/uutiset/3-11557148> (Läst 25.3.2021)

Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). *Defining supply chain management*. Wiley Online Library.

Mehta, J. (2004). Supply chain management in a global economy. *Total quality management & business excellence*, 15(5-6), 841-848.

Mäntylä J-M., (2021). Analyysi: Maailman paistinrasvoja ei kannata kuljettaa Porvooseen asti jalostettavaksi - Siksi Rotterdam taitaa voittaa kisan Nesteen jättitehtaasta. YLE

URL: <https://yle.fi/uutiset/3-11820886> (Läst: 25.3.2021)

Neely, A., Gregory, M., & Platts, K. (1995). Performance measurement system design: a literature review and research agenda. *International journal of operations & production management*.

Newman, D (2018) *How IoT Will Impact The Supply Chain*.

URL: <https://www.forbes.com/sites/danielnewman/2018/01/09/how-iot-will-impact-the-supply-chain/?sh=6c5848ce3e37>. (Läst: 29.12.2020)

Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press.

Olazábal, P. A., Caballero, S. A. (2019). *From Excel to AI: How Reyes brought predictive modeling to beer distribution*. Supply Chain Management Review. Sep/Oct2019, Vol. 23 Issue 5, p6-8. 3p.

Parmenter, D. (2010). *Key performance indicators: Developing, implementing, and using winning KPIs* (2nd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Pfohl, H., Yahsi, B., & Kurnaz, T. (2015). The impact of industry 4.0 on the supply chain. Paper presented at the *Innovations and Strategies for Logistics and Supplik Chains: Technologies, Business Models and Risk Management. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), Vol. 20, 31-58*.

Qureshi, S. R., & Gupta, A. (2014). Towards efficient big data and data analytics: A review. Paper presented at the *2014 Conference on IT in Business, Industry and Government (CSIBIG)*, 1-6.

Riggins, F. J., & Rhee, H. (1999). *Developing the learning network using extranets* Taylor & Francis.

Rouse 2018 <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Industrial-Internet-of-Things-IIoT?src=6167508>

Sagioglu, S., & Sinanc, D. (2013). Big data: A review. Paper presented at the 2013 *International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 42-47.

Sari, K. (2010). *Exploring the impacts of radio frequency identification (RFID) technology on supply chain performance* Elsevier.

Shepherd, C., & Günter, H. (2010). Measuring supply chain performance: Current research and future directions. *Behavioral operations in planning and scheduling* (pp. 105-121) Springer.

Small, M. L. (2011). How to conduct a mixed methods study: Recent trends in a rapidly growing literature. *Annual Review of Sociology*, 37

Smith, A. D., & Offodile, O. F. (2007). Exploring forecasting and project management characteristics of supply chain management. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 3(2), 174-214.

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339.

Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017). What does industry 4.0 mean to supply chain? *Procedia Manufacturing*, 13, 1175-1182.

Wang, Z., Wang, H., & Pang, Y. (2009). Integration of logistics information system and RFID technology. Paper presented at the 2009 *International Conference on Information Technology and Computer Science*, 2 138-141.

Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0—innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769.

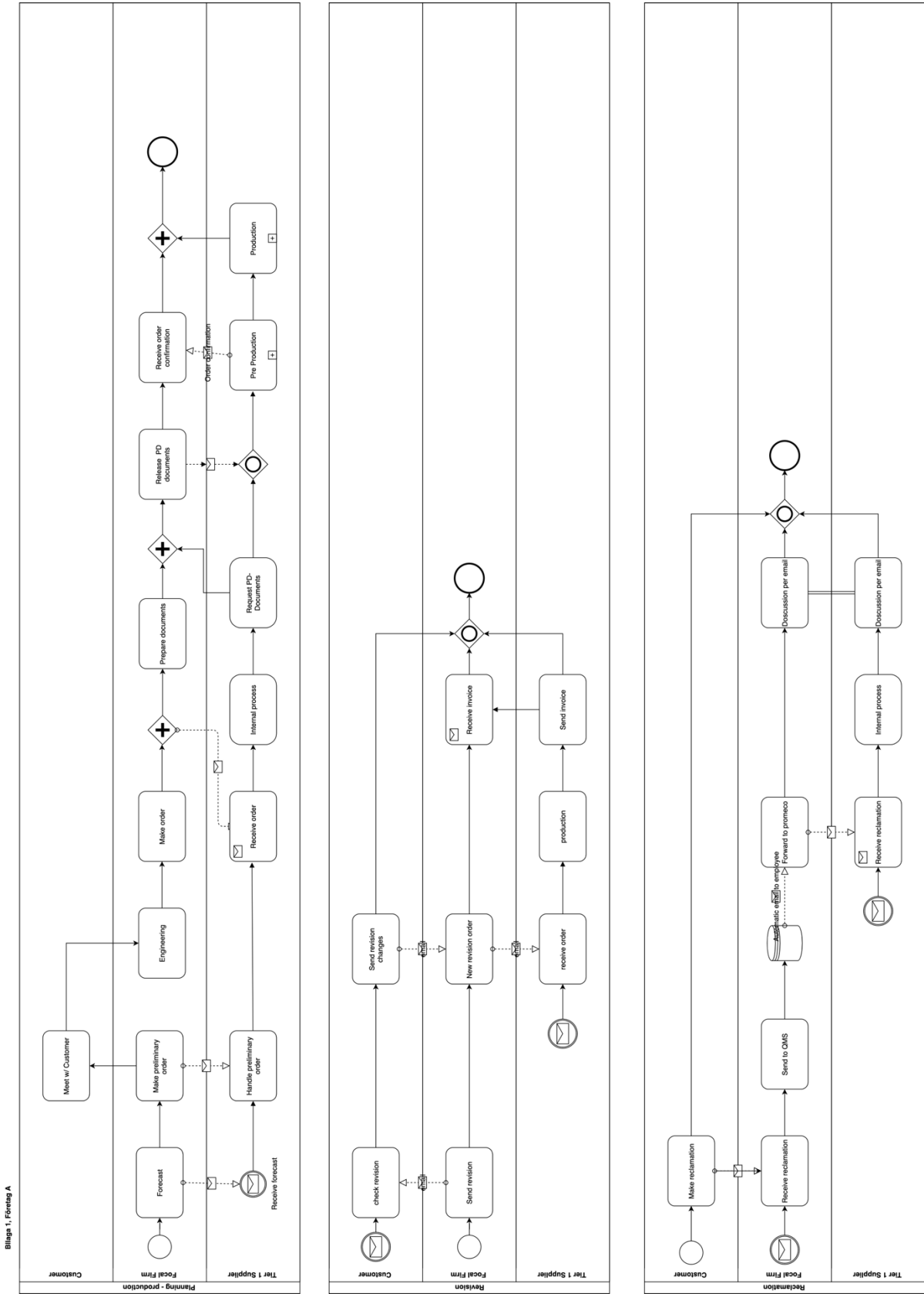
Yin, R.K. (2009). *Case study research: Design and methods* (Vol. 5). Sage.

Yu, W., Chavez, R., Jacobs, M. A., & Feng, M. (2018). *Data-driven supply chain capabilities and performance: A resource-based view*

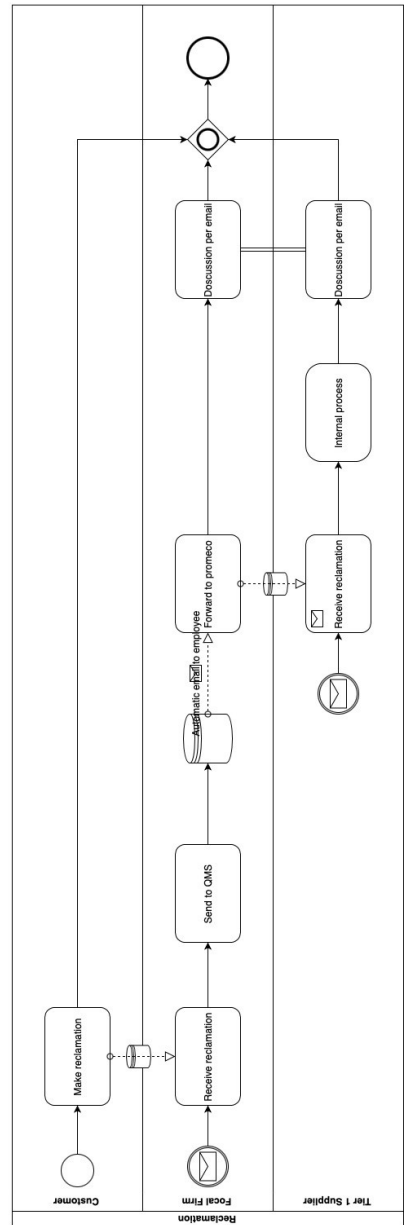
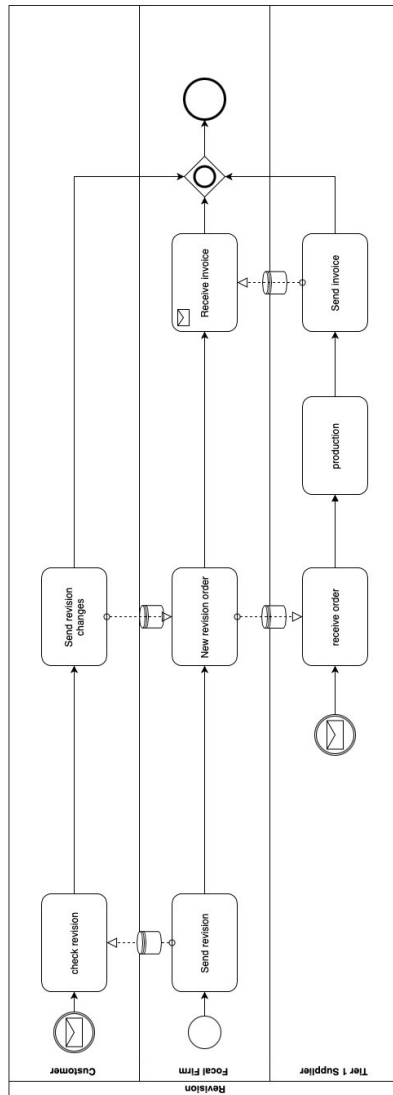
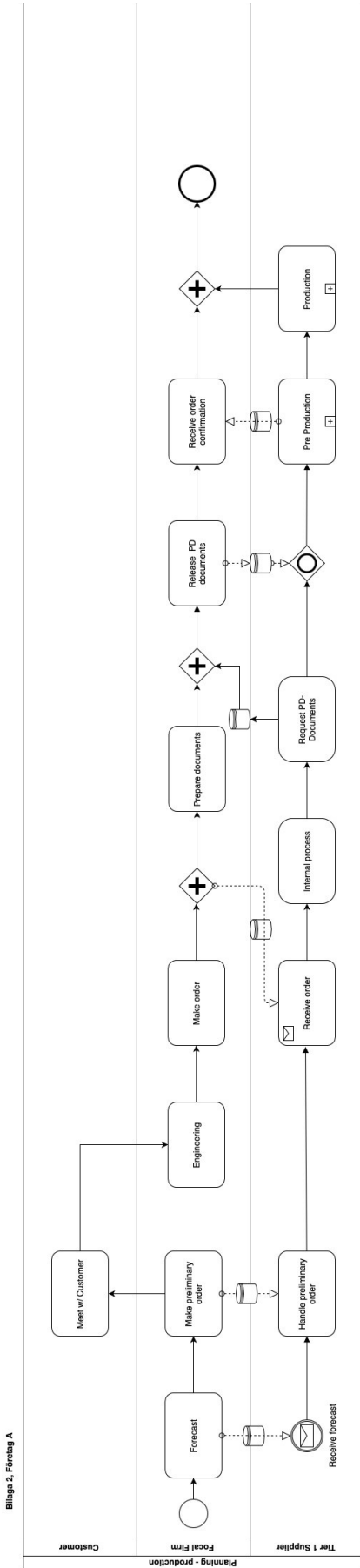
Zainal, Z. (2007). Case study as a research method. *Jurnal Kemanusiaan*, (9), 1-6.

6 Bilagor

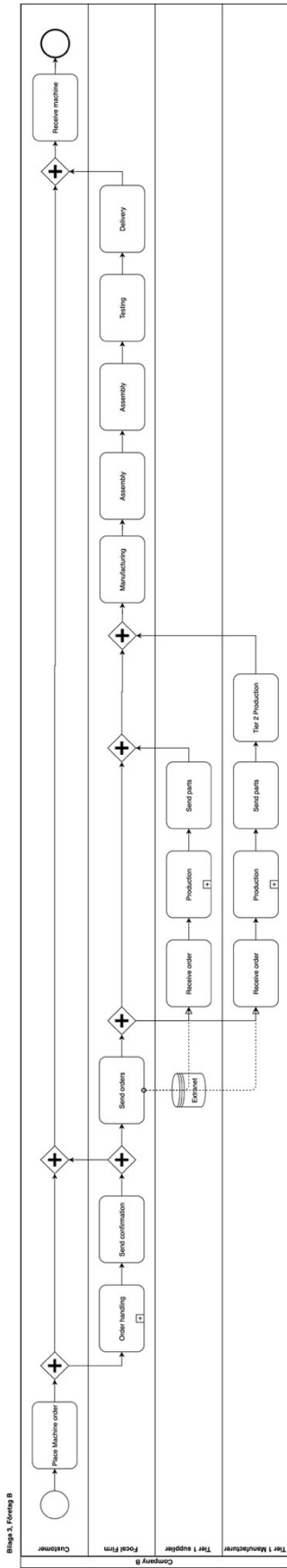
Bilaga 1: Företag A utgångsläge.



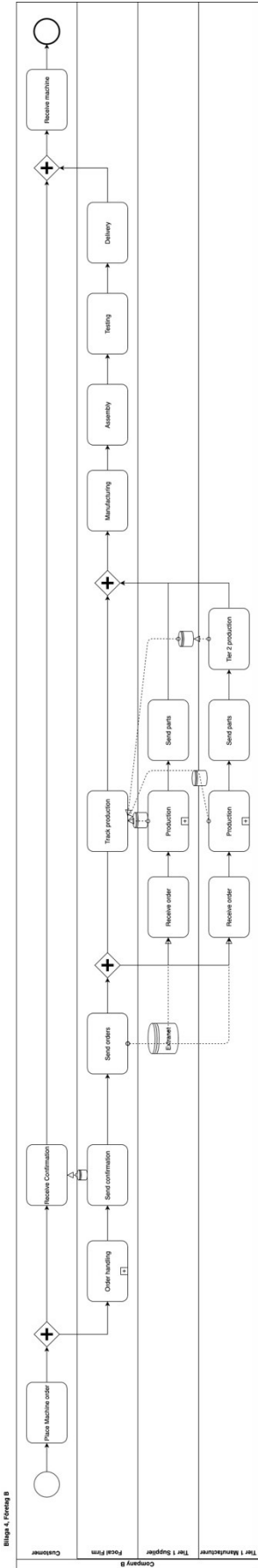
Bilaga 2: Företag A förslag.



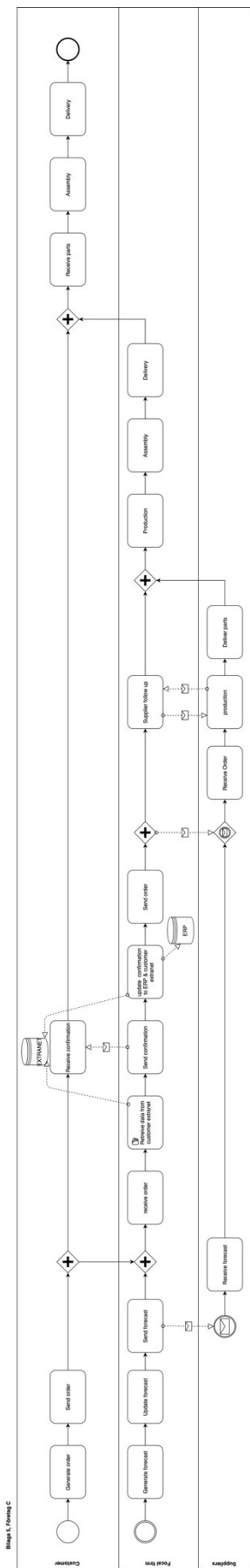
Bilaga 3: Företag B utgångsläge.



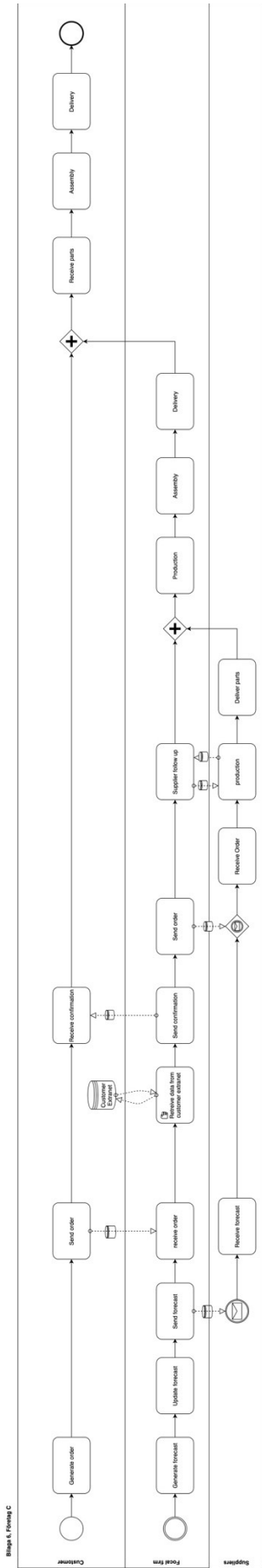
Bilaga 4: Företag B förslag.



Bilaga 5: Företag C utgångsläge.



Bilaga 6: Företag C förslag.



Bilaga 7: Hypotetisk produktionslogistik.

