

Digitaalisen kaksosen hyödyntäminen palveluprosessien kehittämisessä

Service process design through digital twins

Kandidaatintyö

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Antti Kortman	
Työn nimi: Digitaalisen kaksosen hyödyntäminen palveluprosessien kehittämisessä	
Vuosi: 2021	Paikka: Lappeenranta
Kandidaatintyö. LUT-yliopisto, Tuotantotalous. 43 sivua, 5 kuvaa ja 1 taulukko Tarkastaja: Jouni Koivuniemi	
Hakusanat: Digitaalinen kaksonen, Palveluprosessi, Palveluprosessien kehittäminen	
Keywords: Digital twin, Service process, Service operations management	
<p>Digitaalisten ratkaisujen hyödyntäminen yritysten operaatioiden kehittämisessä on vauhdikkaassa kasvussa. Työn tavoitteena on selvittää digitaalisen kaksosen hyödyntämisen mahdollisuudet palveluprosessien kehittämisen piirissä. Tarkennetusti työn tavoitteena on saada selville, missä käyttötarkoituksissa digitaalista kaksosta voidaan mahdollisesti hyödyntää sekä mitkä ovat sen hyödyntämisen kannalta mahdolliset ongelmakohdat. Tutkimus suoritetaan hyödyntämällä teoreettisia löydöksiä ja muodostamalla näistä sekä omista pohdinnoista tutkimusongelman ratkaiseva asiakokonaisuus.</p> <p>Työn tulokset osoittavat digitaalisen kaksosen konseptin omaavan potentiaalia palveluprosessien kehittämisen saralla. Tutkimustuloksina löydettyjä hyötyjä ovat palveluprosessin reaaliaikainen monitorointi, parempi tehokkuus, tilanne- ja muutosarvioinnin hyödyt sekä palveluvision yhtenäistäminen sidosryhmien kanssa. Tunnistetuiksi ongelmiksi puolestaan tutkimustuloksissa osoittautuu eettisyys-, tietoturvallisuus-, tekniset sekä ihmismallintamiseen liittyvät ongelmat.</p> <p>Digitaalisen kaksosen käytöllä huomataan olevan useita potentiaalisia käyttökohteita palveluprosessien yhteydessä, onnistuneen hyödyntämisen kuitenkin vaatiessa jatkotutkimusta aihepiiriin liittyen.</p>	

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoite ja tutkimuskysymykset	2
1.3	Menetelmät ja rajaukset	2
1.4	Rakenne.....	3
2	Palveluiden suunnittelu ja palveluprosessi	4
2.1	Palveluprosessi käsitteenä.....	6
2.2	Miksi palveluita kehitetään?	7
3	Palveluprosessien kehittäminen – menetelmät	9
3.1	Blueprint-menetelmä.....	9
3.2	Tuotteistaminen.....	11
3.3	Process Mining.....	13
4	Digitaalinen Kaksonen.....	14
4.1	Digitaalisen kaksosen määritelmä.....	16
4.2	Digitaalisen kaksosen perinteiset käyttökohteet	20
4.3	Digitaalinen kaksonen organisaatiosta.....	22
4.4	Digitaalinen kaksonen ja simulaatio	23
5	Digitaalinen kaksonen osana palveluprosessia	26
5.1	Digitaalisen kaksosen integrointi palveluprosessiin	26
5.2	Käytön hyödyt palveluprosessien kehityksessä	28
5.3	Mahdolliset käytön riskit ja ongelmakohdat.....	31
5.4	Case-esimerkki CKE Restaurant Holdings	32
5.5	Tulosten arviointi	34
6	Johtopäätökset.....	35

7	Lähteet.....	37
---	--------------	----

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Digitalisaation ja digitaalisten innovaatioiden vauhdittamassa maailmassa uusia, toistaan kehittyneempiä digitaalisia ratkaisuja puskee jatkuvasti yritysten liiketoiminnan piiriin. Entistä suuremmat ja paremmin saatavilla olevat datamassat muokkaavat radikaalisti yritysten tehokkuudellisia ja liiketoiminnallisia kehitysmahdollisuuksia. Yksi merkittävä digitalisaation ja datamassojen kasvun mahdollistama konsepti on digitaalinen kaksonen. Digitaalisella kaksosella tarkoitetaan fyysisestä esineestä tai systeemistä luotua digitaalista kopiota, joka sisältää fyysiselle esineelle tai systeemille kaiken olennaisen informaation reaaliajassa (Tao et al. 2019).

Digitaalinen kaksonen on konseptina ollut olemassa pidemmän aikaa, mutta digitaalisen kaksosen varsinainen hyödyntäminen liiketoiminnassa on mahdollistunut vasta viimeisen vuosikymmenen kuluessa teknologisten kehitysaskelten myötä. Digitaalista kaksosta on toistaiseksi hyödynnetty lähtökohtaisesti fyysisten tuotteiden sekä tuotejohtamisen sovelluksissa. Konseptin kehittyessä ajan myötä, mahdollistuu myös sen hyödyntäminen muissakin, kuin fyysisiä tuotteita tuottavien organisaatioiden prosessijohtamisessa (Gartner 2018).

Digitaalisen kaksosen hyödyntäminen palveluita tuottavien yritysten toiminnassa on vasta elinkaarensa alkuvaiheessa, eikä sen käyttö alalla vielä ole päässyt konseptin tuomien mahdollisuuksien mittapuihin. Konseptin potentiaali on kuitenkin myös palveluprosessien kehittämisessä tunnistettu ja on vain ajan kysymys, kun sen hyödyntäminen on enemmänkin edellytys, kuin lisähyöty tehokkaan liiketoiminnan kannalta.

1.2 Tavoite ja tutkimuskysymykset

Tutkimusongelmana on digitaalisen kaksosen hyötyjen ja sovellusten löytäminen palveluprosessien kehittämisessä, aihepiirin kirjallisuuteen perustuen. Työn tavoitteena on selvittää digitaalisen kaksosen hyödyntämisen mahdollisuudet palveluprosessien kehittämisen piirissä. Tavoitteena on saada selville, missä käyttötarkoituksissa digitaalista kaksosta voitaisiin mahdollisesti hyödyntää sekä missä muodossa käyttötarkoituksista saatavat hyödyt realisoituvat. Tavoitteena on myös selvittää, liittyykö digitaalisen kaksosen hyödyntämiseen palveluprosessien kehittämisessä mahdollisesti ongelmia sekä mitä nämä mahdolliset ongelmat ovat. Tämän lisäksi työssä selvitetään lukijalle digitaalisen kaksosen määritelmä ja sen perinteiset käyttökohteet, kuin myös palveluprosessin määritelmä sekä palveluprosessin kehittämisen menetelmiä. Työssä vastataan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- 1. Minkälaisia mahdollisuuksia digitaalisen kaksosen käyttö tuo palveluprosessien kehitykseen?*
- 2. Mitkä ovat palveluprosessin kehittämisessä digitaalisen kaksosen hyödyntämisen mahdolliset ongelmat ja riskit?*

1.3 Menetelmät ja rajaukset

Työ on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, joka pohjautuu tiedonhaun aikana löydettyihin aiheeseen liittyviin sekä aihetta sivuaviin teorialähteisiin. Tiedonhaku on toteutettu hyödyntämällä yliopiston verkkokirjaston hakupalvelua, tietokantoja sekä internetiä ja sen hakupalveluita, joista on etsitty tieteellisiä julkaisuja, artikkeleita sekä kirjoja. Tämän lisäksi työssä on hyödynnetty aiheen konkretisointia varten internetistä löydettyjä, palveluyritysten käytännöllisiä esimerkkejä digitaalisen kaksosen hyödyntämisestä prosessien kehittämisessä. Kirjallisuuskatsausta täydennetään omin pohdinnoin ja ehdotuksin, perustuen teorialähteistä hankittuun informaatioon.

Työ on rajattu koskemaan ainoastaan digitaalisen kaksosen tuomia mahdollisuuksia palveluita tuottavien yritysten prosessien kehittämisessä. Työssä ei keskitytä syvällisesti digitaalisen kaksosen teknisiin edellytyksiin, sillä sen integroimiseen ei ole toistaiseksi olemassa tiettyä,

yleistä mallia yritysten liiketoiminnan rakenteiden laajan monimuotoisuuden takia (Parmar et al. 2020).

1.4 Rakenne

Työn rakenne koostuu kuudesta luvusta. Ensimmäisessä luvussa lukija johdatetaan aihepiiriin, tutkimustavoitteisiin ja menetelmiin johdannon avulla. Toisessa luvussa esitellään palveluiden sekä palveluprosessin, sekä palveluprosessien kehittämisen teoriasisältö. Kolmannessa luvussa esitetään palveluprosessin kehittämisen työkaluja. Tästä jatketaan neljänteen teorialukuun, jossa esitetään digitaalisen kaksosen konseptin tausta, määritelmä, perinteiset käyttökohteet sekä digitaalinen kaksosen organisaatiosta -käsite. Viidennessä luvussa yhdistetään teorialukujen sisältöä ja vastataan tutkimuskysymyksiin esittämällä palveluprosessin esivaatimuksia digitaalisen kaksosen hyödyntämiselle, josta jatketaan digitaalisen kaksosen hyötyihin ja ongelmakohtiin palveluprosessien kehittämisessä. Lopuksi luku suljetaan case-esimerkin johdattelemana oikeasta palveluyrityksen onnistuneesta digitaalisen kaksosen hyödyntämisestä. Viimeisenä lukuna on johtopäätökset, jossa työn keskeisimmät asiat sekä tutkimustulokset tuodaan uudestaan ilmi.

2 PALVELUIDEN SUUNNITTELU JA PALVELUPROSESSI

Julkisten sekä yksityisten yritysten ja organisaatioiden toiminta perustuu lähtökohtaisesti joko niiden tuottamiin tuotteisiin tai palveluihin. Tuotteiksi on perinteisesti määritelty aineelliset, nähtävissä olevat ja varastoitavat tuotteet, jotka usein kulutuksen hetkellä vaihtavat omistajaa (Gadrey 2000). Tämän lisäksi tuotteille on ominaista, että tuotannon ja kulutuksen välillä on lähes poikkeuksetta aikaväli, eli tuotetta ei kuluteta vasta, kun se on lopullisessa lopputuotemuodossaan valmiina markkinoille (Grönroos 1990). Esimerkkeinä fyysisistä tuotteista on esimerkiksi pakastimet, autot tai toisen tuotteen valmistukseen tarvittavat raaka-aineet.

Palvelut ovat sen sijaan prosessiluonteisia aineettomia toimintojen tai aktiviteettien sarjoja, jotka tuottavat asiakkaalle tai palvelun kuluttajalle arvoa muissa, kuin fyysisten tuotteiden muodossa (Grönroos 1990). Palvelut eivät ole varastoitavissa ja ne eivät vaihda ostohetkellä omistajaa. Palveluiden luonteeseen kuuluu myös, että usein palveluita kulutetaan samaan aikaan, kuin ne tuotetaan. (Jaakkola et. al 2009) Kotler et al. (2018) kuvailevat palveluita tuotemuotona, joka koostuu myytävistä aktiviteeteistä, hyödyistä sekä tyydykkeistä, jotka ovat luonteeltaan aineettomia, eivätkä lopulta johda tuotteen omistajuuden vaihdokseen. Palveluista voidaan käyttää esimerkkeinä pankkeja ja rahoituslaitoksia, sosiaali- ja terveyspalveluja, hotelleja tai lentopalveluja. Tämä työ keskittyy palveluiden näkökulmasta aiheen tarkasteluun, eikä fyysisiin tuotteisiin keskityä, kuin havainnollistavien esimerkkien muodossa. Huomion arvoista on kuitenkin todeta, että vaikka palveluita voidaan kaupitella täysin omana tuotteenaan, niin tuotteidenkin myyntiin myöskin usein liittyy palvelu ja näin ne voivat muodostaa yhdessä asiakkaalle tarjottavan kokonaisuuden (Sakao & Lindahl 2009).

Palveluita tulee lukemattomissa eri muodoissa ja niitä tuottavat todella suuri kirjo erilaisia organisaatioita. Palvelutyypit voidaan jaotella esimerkiksi asiakasperusteisesti yritykseltä kuluttajalle -tyyppisiin (B2C) ja yritykseltä yritykselle -tyyppisiin (B2B) palveluihin. Tämän lisäksi muita palvelutyyppejä ovat esimerkiksi sisäiset palvelut, julkiset palvelut ja vapaaehtoispalvelut. (Johnston et al. 2012) Fähnrich ja Meiren (2007) jaottelevat palvelutyypit neljään eri tyyppiin niiden asiakasintensiivisyyden sekä palvelujen monimuotoisuuden perusteella toimialaa kohden (ks. Kuva 1). Nämä neljä palvelutyyppeä ovat: prosessikeskeiset-

, joustavuuskeskeiset-, asiakaskeskeiset- sekä tietokeskeiset palvelut. Prosessikeskeiset palvelut ovat asiakasintensiivisyydeltään ja monimuotoisuudeltaan matalia, jotka tekevät niistä helposti standardoitavia palvelutuotteita. Prosessikeskeisistä palveluista voidaan käyttää esimerkkinä autonpesu- tai nettipankkipalveluja. Joustavuuskeskeiset palvelut ovat asiakasintensiivisyydeltään matalia, mutta niiden monimuotoisuus on puolestaan korkea. Joustavuuskeskeisistä palveluista esimerkkeinä voidaan käyttää vakuutus- tai IT-ulkoistuspalveluita. Asiakaskeskeiset palvelut ovat asiakasintensiivisyydeltään korkeita, mutta monimuotoisuudeltaan matalia, joka tarkoittaa sitä, että palvelut ovat hyvin standardoitavissa, mutta asiakkaat voivat tuoda yllätyksellisyyden elementin omilla preferensseillään. Asiakaskeskeisistä palveluista voidaan käyttää esimerkkinä puhelinalvelukeskuksia, ravintoloita tai vähittäismyyntikauppoja. Tietokeskeiset palvelut taas ovat sekä asiakasintensiivisyydeltään että monimuotoisuudeltaan korkeita. Tietokeskeisistä palveluista esimerkkeinä voidaan pitää konsultti-, markkinatutkimus- tai lääkäripalveluita

Korkea	Asiakaskeskeiset Palvelut Esimerkit: Puhelinalvelukeskus Pikaruokala Vähittäismyymälät	Tietokeskeiset Palvelut Esimerkit: Konsulttipalvelut Lääkäripalvelut Markkinatutkimus	
Asiakas- intensiivisyys	Prosessikeskeiset Palvelut Esimerkit: Autonpesu Verkkopankki	Joustavuuskeskeiset Palvelut Esimerkit: Vakuutukset It-ulkoistus	
Matala			
	Matala	Monimuotoisuus	Korkea

Kuva 1: Palveluiden tyypit (Fährnich & Meiren 2007; Fährnich et al. 1999)

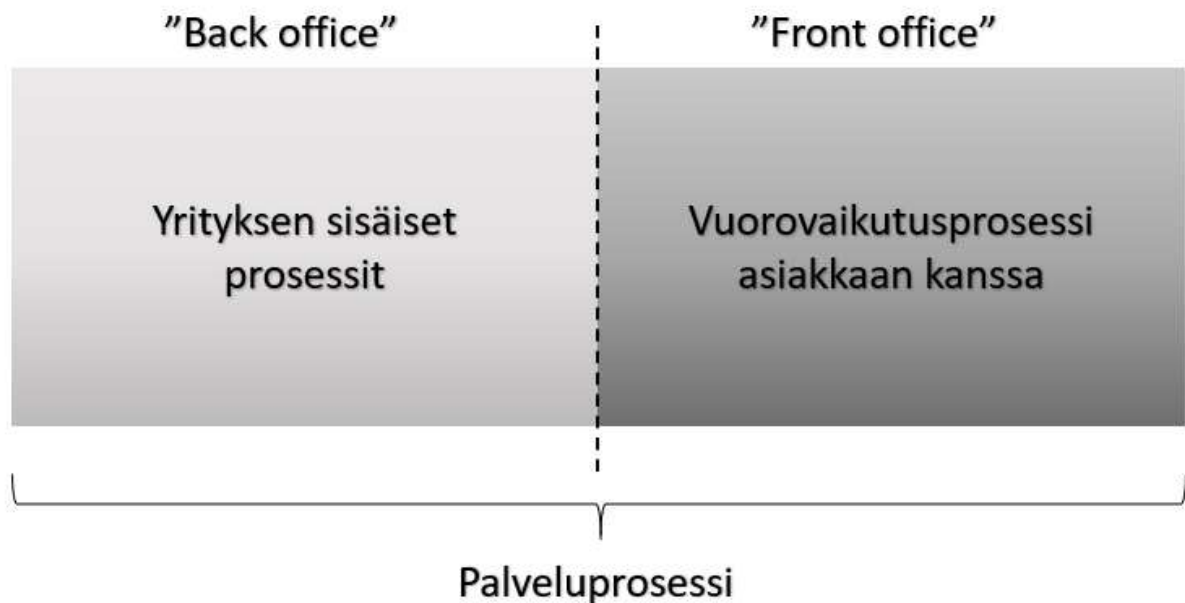
2.1 Palveluprosessi käsitteenä

Vaikka palvelut itsessään ovatkin prosesseja ja käsitteiden ”palvelu” ja ”palveluprosessi” raja on häilyvä, on kuitenkin työn kannalta tärkeä syventyä palveluprosessiin käsitteenä tarkemmin, jotta voidaan ymmärtää palvelutuotantoa kokonaisuutena paremmin. Palvelusta puhuttaessa käsitellään asiaa usein erittäin pintapuolisesti kokonaisuutta ajatellen, mutta palveluprosessista puhuttaessa saadaan konkreettisemmin käsiteltäväksi kaikki palveluun liittyvät toiminnot ja osatekijät, jotka ovat osana valmista palvelutuotetta.

Palveluprosessi yksinkertaistettuna määrittelee, kuinka palvelu tuotetaan ja toteutetaan. Palveluprosessi on palveluntuottajan näkökulmasta kokonaisvaltainen kuvaus siitä, kuinka palvelu etenee alusta loppuun saakka (Tuulaniemi 2011). Palveluprosessit ovat luonteeltaan heterogeenisiä ja tämä tarkoittaa sitä, että jokaisen asiakkaan erilainen kokemus palvelusta luo uuden palvelupolun saman palvelun sisällä. Toisin sanoen yksikään palvelu ei ole samanlainen kuin toinen, toisin kuin esimerkiksi fyysiset tuotteet, joita voidaan tuottaa identtisenä massatuotantona mikrotason tarkkuudella. Palveluprosessi pitää sisällään siis niin yrityksen sisällä, että myöskin asiakasrajapinnassa tapahtuvat toiminnot palvelun tuottamiseen liittyen (Jaakkola E. et al. 2009, s.15). Palveluprosessi erotellaan käsitteenä palvelusta siksi, että ymmärretään asiakkaan kuluttavan palveluprosessia palveluita käyttäessään, eikä niinkään palvelun lopputuotetta. Palveluprosesseja voidaan kuvata erilaisin menetelmin, jotta palveluprosessista voidaan muodostaa selkeämpi kokonaisuus, tekemällä siitä samalla mahdollisesti toistettavan ja helpommin kehitettävän palvelutuotteen. Palveluprosessi on hyvin vuorovaikutteinen prosessi verrattuna fyysisten tuotteiden tuotantoprosessiin. Tuotantoprosessia voidaan kutsua suljetuksi prosessiksi, sillä siinä prosessin lopputulema on ennalta tarkkaan määritetty, kun taas palveluprosessia voidaan kutsua avoimeksi prosessiksi, koska asiakas osallistuu itse palveluntuotantoprosessiin ja tämän lopputuotteena syntyy palvelu. (Yalley & Sekhon 2014) Palveluprosessille on ominaista, että siihen sisältyy sekä aktiviteetit eli prosessinvaiheet sekä palvelun ulostulo (Gadrey 2000). Palveluprosessien kuvantamisen ja kehittämisen menetelmiä avataan enemmän tulevaisuuden kappaleissa.

Palveluprosessiin kuuluu niin asiakkaalle näkyviä, kuin asiakkaalle näkymättömiä vaiheita. Näitä vaiheita nimitetään niin kutsutuiksi ”back-office” ja ”front-office”-prosessivaiheiksi.

”Back-office”-prosessivaiheilla viitataan asiakkaalle näkymättömiin prosessin osiin, kun taas ”front-office”-vaiheilla viitataan asiakkaalle näkyvissä oleviin prosessin vaiheisiin. Kuten Kuva 2 esittää, kutsutaan ”back-office”-prosessivaiheita myös yrityksen sisäisiksi prosesseiksi ja ”front-office”-prosesseja taas vuorovaikutusprosesseiksi asiakkaan kanssa (Jaakkola et al. 2009).



Kuva 2: Palveluprosessin osatyypit (Jaakkola et al. 2009)

2.2 Miksi palveluita kehitetään?

Uusien teknologioiden ja palvelumallien puskiessa moderniin liiketoiminnan piiriin, tulee organisaatioille tilanteita, joissa olemassa olevien palveluiden prosesseja ja toimintaa on kehitettävä ja uudistettava tai jopa luoda täysin uudenlaisia palvelumalleja, jotta pysytään kilpailussa mukana ja pystytään vastamaan ajan myötä nousseeseen, entistä vaativampaan asiakaspaineeseen (Jaakkola et al. 2009). Koska palvelualan yritysten toiminta on erittäin asiakaslähtöistä, on myös yhtenä merkittävimpänä kehitystarpeen laukaisevana tekijänä kuluttajan tarpeiden muutos. Tämän lisäksi palveluiden uudistamisella ja kehittämällä voidaan tavoitella tehokkaampaa tai kustannustehokkaampaa palvelulogiikkaa, jotka ovat myös yleisiä laukaisutekijöitä palveluprosessien kehitykselle. Palveluiden suunnittelun ja kehityksen ajatuksena on innovoida uusia tai kehittää jo olemassa olevia palveluita niin, että niistä saadaan käytettävämpiä, käytännöllisempiä ja haluttavampia asiakkaalle sekä tehokkaampia ja

toimivampia niitä tuottavalle yritykselle (Moritz 2005). Palveluita kehitetään, jotta palveluiden koostumus olisi suotuisa kuluttajan näkökulmasta sekä toimiva, tehokas ja luonteenomainen palveluntuottajan näkökulmasta (Mager & Gais 2009).

Reason et al. (2015) esittivät kolme moderniin yritystoimintaan liittyvää trendiä, jotka nostavat palveluiden kehittämisen merkitystä ja jaottelivat nämä kategorioihin taloudellinen, sosiaalinen ja teknologinen trendi. Taloudellisena trendinä he mainitsivat palveluiden arvontuoton kasvun makrotason kansantaloudessa. Heidän mukaansa tuotteiden differentiaation laskiessa palveluiden tuottaman arvon merkitys nousee. Sosiaalisena trendinä he mainitsivat kuluttajien vaatimusten kasvun. Heidän mukaansa palveluiden laadun kannalta kärkipään palvelut saavat kuluttajat ajattelemaan, että jokaisen palvelun tulisi vastata laadultaan kyseistä tasoa ja tämä puolestaan voi johtaa kuluttajien vaatimusten tason nousemiseen. Viimeisenä he mainitsevat teknologiseksi trendiksi palveluiden digitalisaation vaikutuksen palveluiden rakenteeseen. Digitaaliset ratkaisut saattavat suoraviivaistaa palvelulogiikkaa, mutta voivat samalla viedä palveluista inhimillisyyden elementin pois, joka voi olla asiakaskokemuksen kannalta merkittävä osa palvelua. Palveluita kehittäessä tulisi siis löytää digitaalisia ratkaisuja, jotka kykenevät jäljittelemään inhimillisyyttä, säilyttäen asiakkaan kokemuksen palvelusta joustavana.

Palveluiden kehittämiseen liittyvät olemassa olevien palveluiden kehittäminen sekä täysin uusien palveluiden innovoiminen. Palveluiden innovoinnin piiriin voidaan nähdä niin pienikokoiset parannukset, merkittävät palveluiden uudistukset kuin myös radikaalit läpimurtavat muutokset palvelulogiikkaan (Korpelainen & Lampikoski 1997). Uusien palveluiden innovoinnin kautta on todettu yritysten saavuttavan enemmän kilpailullista arvoa, kuin olemassa olevien prosessien kehittämisen kautta, samalla kasvattaen myös asiakastyytyväisyyden tasoa (Kim & Mauborgne, 2010). Palveluprosessien kehittämisen keskiössä on tarve uudistaa prosesseja, minimoida turhat, arvoa tuottamattomat työvaiheet sekä kohdistaa prosessit tuottamaan asiakkaalle miellyttävämmän kokemuksen palvelusta (Hamel & Prahalad, 1994).

3 PALVELUPROSESSIEN KEHITTÄMINEN – MENETELMÄT

Palveluprosessien kuvantamiseen sekä kehittämiseen on olemassa monia, varteenotettavia menetelmiä, jotka voivat jopa tukea toinen toistaan palveluprosessien kehittämisaspektin kannalta. Seuraavissa alaluvuissa esitellään perinteisiä, tehokkaiksi koettuja palveluprosessin hallintaan ja kehittämiseen liittyviä menetelmiä sekä esitellään niiden käyttötarkoituksia ja toimintamekanismeja.

3.1 Blueprint-menetelmä

Palveluprosessin tehokkaan kehittämisen sekä kokonaisuuden ymmärtämiseksi on prosessin kuvaaminen välttämätöntä. Prosessin kuvaamisella tarkoitetaan myös palvelun vaiheittaista määrittelyä, jonka tarkoituksena on kuvata mahdollisimman selkeästi palvelun ominaisuudet, sisältö sekä toteutus- ja tuotantotavat (Laamanen 2002). Blueprint-kaavio on hyvin yksityiskohtainen prosessikaavio, joka kuvaa kaikki palvelun vaiheet tarkasti, selkeällä ja helposti ymmärrettävällä tavalla. (Jaakkola et al. 2009) Blueprint-kaavion avulla voidaan pyrkiä tunnistamaan prosessiin vaikuttavien osapuolten roolit kussakin prosessin vaiheessa, palveluprosessille kriittiset vaiheet sekä analysointia ja kehittämistä vaativat prosessin vaiheet (Jaakkola et al. 2009; Ojasalo & Ojasalo 2008).

Blueprint-kaavio esitetään vuokaaviona, jossa palveluprosessi on jaettu pieniin osiin, eli prosessin vaiheisiin ja niiden väliset yhteydet ovat selkeästi kuvattu (Lehtinen & Niinimäki 2005, s.41). Vuokaaviossa prosessien väliset yhteydet ovat kuvattu nuolien sekä viivojen avustuksella. Blueprint-kaaviossa on myös selkeästi eroteltu aiemmin mainitut ”back-office” ja ”front-office”-vaiheet, jotka implikoivat prosessin asiakkaalle näkymättömiä sekä näkyviä vaiheita (Jaakkola et al. 2009). Palvelun Blueprint-menetelmä koostuu tyypillisesti viidestä eri komponentista (Bitner et al. 2008):

- Asiakkaan toiminnot
- Asiakkaalle näkyvät palveluntuottajan toiminnot (”front-office”)
- Asiakkaalle näkymättömät palveluntuottajan toiminnot (”back-office”)
- Tukiprosessit

- Aineelliset ominaisuudet

Asiakkaan toiminnoilla tarkoitetaan kaikkia asiakkaan toimia, jotka vaikuttavat palveluprosessin kokonaisuuteen. Asiakkaalle näkyvillä palveluntuottajan toiminnoilla tarkoitetaan niitä toimintoja, jotka tapahtuvat asiakkaan näkökulmasta vuorovaikutuksessa palveluntuottajan kanssa. Usein näillä, asiakkaalle näkyvillä toiminnoilla on suuri merkitys asiakkaan muodostamaan kuvaan palvelusta kokemuksena. Asiakkaalle näkymättömillä palveluntuottajan toiminnoilla taas tarkoitetaan organisaation palveluprosessiin liittyviä toimia, joita ei suoriteta asiakkaan kanssa vuorovaikutuksessa. Nämä ovat toimintoja, joita parantamalla pystytään parantamaan prosessin kannalta eritoten tehokkuutta ja resurssienhallintaa. Tukiprosesseja ovat ne osat palveluprosessia, jotka suoritetaan palveluntuottajan toimesta ja jotka eivät ole prosessin ydinvaiheita, mutta ovat silti välttämättömiä palvelun toteutumisen kannalta. Aineelliset ominaisuudet ovat taas niitä fyysisiä laitteita ja esineitä, joiden kanssa asiakkaat ovat tekemisissä palvelun aikana, ja jotka saattavat vaikuttaa heidän muodostamaansa palvelukokemukseen. (Bitner et al. 2008)

Näiden lisäksi blueprint-kaaviossa on 3 eri rajapintaa (ks. Kuva 3). Nämä 3 rajapintaa ovat seuraavat: vuorovaikutusraja, näkyvyysraja sekä yrityksen sisäisen vuorovaikutuksen raja. Vuorovaikutusrajalla tarkoitetaan rajaa, joka ylittyy, kun asiakas kohtaa työntekijän ja vuorovaikutuksen ansiosta työntekijä laukaisee edelleen prosessin vaiheita vuorovaikutusrajan toisella puolen. Näkyvyysraja puolestaan määrittelee rajan, mikä on asiakkaalle näkyvissä ja mikä ei ole. Kaikki näkyvyysrajan yläpuolella olevat elementit on myös asiakkaalle näkyvissä, mutta sen alapuolella olevat elementit eivät ole. Viimeisenä on sisäisen vuorovaikutuksen raja, joka yhdistää prosessille olennaiset, asiakkaalle näkymättömät toiminnot niiden tukiprosessien kanssa. (Bitner et al. 2008)

Palvelun blueprint-prosessikaavio	
Aineelliset ominaisuudet	
Asiakkaan toiminnot	Vuorovaikutusraja
Asiakkaalle näkyvät toiminnot	Näkyvyysraja
Asiakkaalle näkymättömät toiminnot	Yrityksen sisäisen vuorovaikutuksen raja
Yrityksen sisäiset prosessit	

Kuva 3: Palvelun blueprint-prosessikaaviopohja (Bitner et al. 2008)

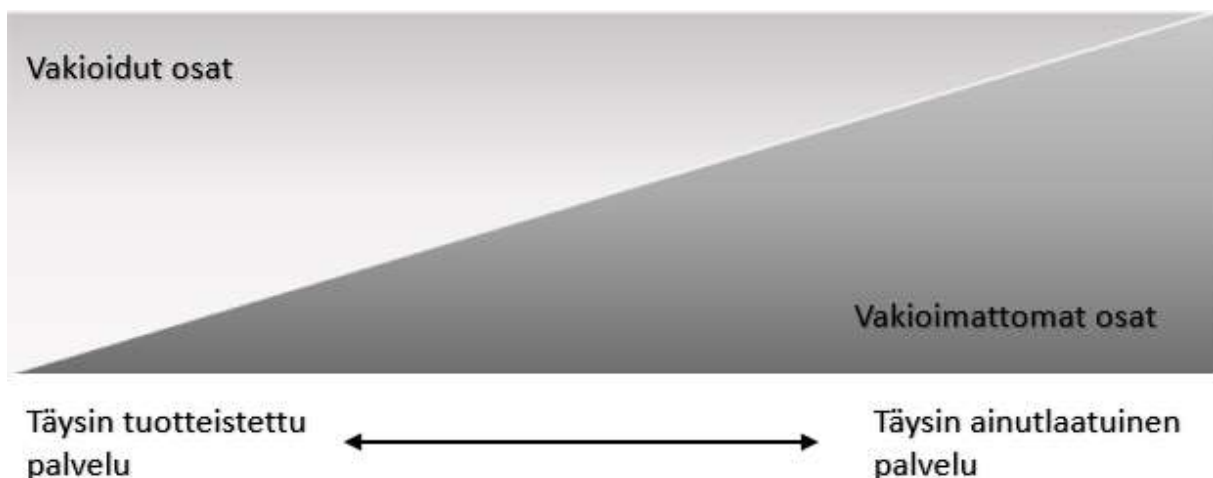
3.2 Tuotteistaminen

Kuten palveluille itselleenkin, on myös palveluiden tuotteistamiselle kirjallisuudessa monia eri määritelmiä ja näin ollen yhtä, standardoitua määritelmää ei ole olemassa. Palveluiden tuotteistamisella kiteytettynä tarkoitetaan uusien tai olemassa olevien palveluprosessien määrittelyä, systematisointia sekä vakiointia, joka voi kohdistua sekä asiakkaalle näkyviin että asiakkaalle näkymättömiin prosessivaiheisiin (Jaakkola et al. 2009). Tuotteistaminen voidaan nähdä myös palvelun tarjoaman arvon kiteytyksenä, prosessin kuvauksen ja vakioimisen menetelmin (Tuominen et al. 2015).

Tuotteistaminen on palveluiden kehittämisen työkalu, jota on käytetty vähentämään ongelmia liittyen laadunhallintaan, tehottomuuteen, kustannustehottomuuteen ja kysynnän vaihteluun.

Tuotteistamisen perimmäisenä tarkoituksena on parantaa palvelun toimintaa tuottavuuden ja laadun parantamisen kautta niin, että samalla myös asiakkaan saama hyöty maksimoituu sekä liiketoiminnan kannattavuus paranee. (Jaakkola et al. 2009)

Tuotteistamiseen liittyvä osa, palvelun vakioiminen tarkoittaa palvelun tai palvelun suorittamiseen liittyvien osien standardoimista niin että ne ovat monistettavissa tai toistettavissa useimmille asiakkaille samalla mekanismilla. Vakioimisella voidaan saavuttaa eritoten palvelutuotannon tehokkuudellisia, kannattavuudellisia sekä laadullisia hyötyjä. Palveluprosessin osien vakioimisen ja vakioimattomien osien suhdetta voidaan tarkastella palveluntuottajan strategisena valintana. Jaakkola et. al (2009) esitti tuotteistamisen asteiden matriisin, josta voidaan erottaa toisena ääripäänä täysin tuotteistettu palvelu, joka toteutetaan sisällöltään aina samalla tavalla ja toisena ääripäänä taas täysin uniikki palvelu, joka ei sisällä vakioituja vaiheita ollenkaan, vaan palveluprosessin osat räätälöidään asiakaskohtaisesti (ks. Kuva 4).



Kuva 4: Tuotteistamisen asteet (Jaakkola et al. 2009)

Tuotteistaminen voidaan jaotella myös asiakkaalle näkyvien ja -näkyvättömien toimintojen perusteella, muodostaen palvelun ulkoisen- ja sisäisen tuotteistamisen konseptit (Simula et al. 2010). Ulkoinen tuotteistaminen tarkoittaa asiakkaille näkyvien palveluprosessin osien tuotteistamista ja standardoimista. Sisäinen tuotteistaminen taas tarkoittaa asiakkaalle näkyvättömien, yrityksen sisäisten prosessiosien vakioimista ja standardoimista. (Tuominen et al. 2015)

3.3 Process Mining

Process Mining eli prosessilouhinta on suhteellisen uusi tutkimuksen tieteenhaara, joka käsittää sisäänsä osan niin tietojenkäsittelytiedettä, datalouhintaa, prosessien mallintamista, kuin myös prosessien analysointia (Van Der Aalst et al. 2011). Prosessilouhinnalla on tarkoitus saada selville uusia sekä monitoroida ja kehittää olemassa olevia liiketoiminnan prosesseja hyödyntämällä tietoa, jota kerätään prosessien tapahtumalokeihin (Van Der Aalst 2012). Prosessilouhintaa voidaan kuvailla siltana tai linkkinä datatieteen ja prosessijohtamisen välille, jota vauhdittaa operatiivisen datan saatavuus sekä halu kehittää prosesseja (Van Der Aalst 2016). Prosessilouhinnan avulla on mahdollista muodostaa holistinen, dataan perustuva kuva kaikista prosesseista ja tapahtumista organisaation sisällä (Reinkemeyer 2020). Kirjallisuudessa prosessilouhinnan käyttötarkoitukset on jaettu kolmeen osaan: Prosessien tunnistamiseen, noudatustarkastukseen sekä prosessien kehittämiseen (Turner et al. 2012).

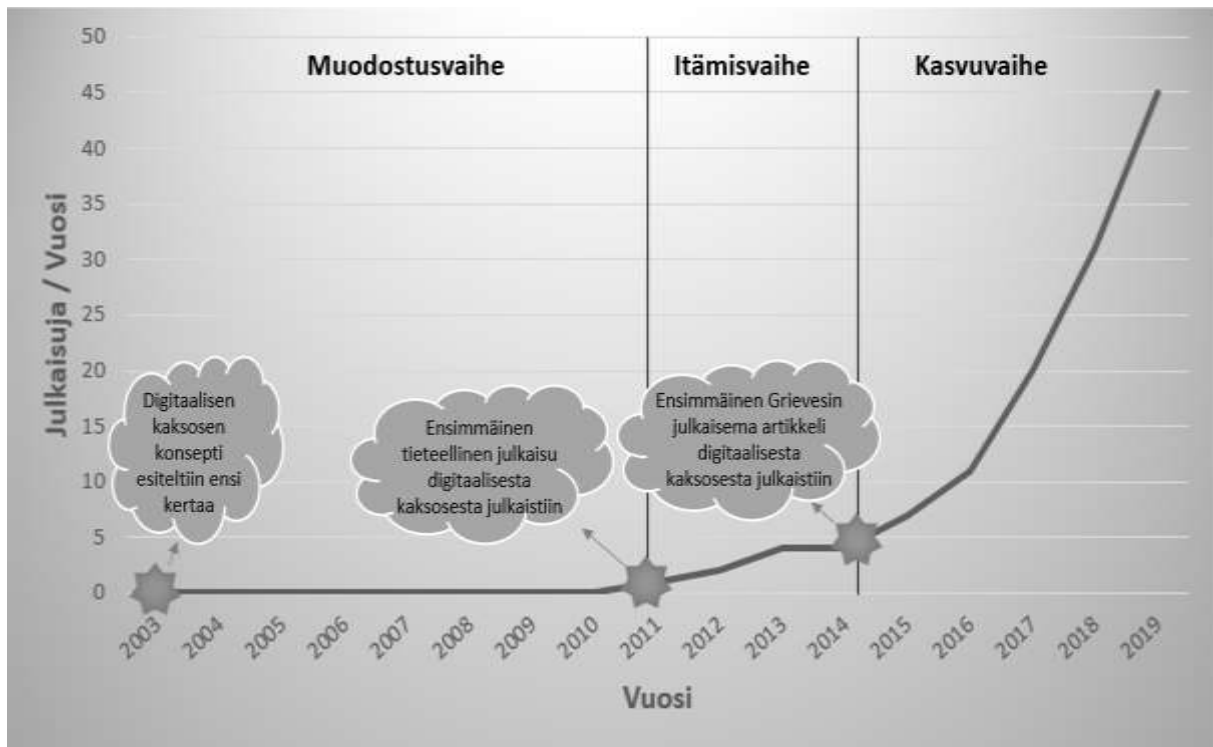
Prosessien tunnistamisella tarkoitetaan graafisen prosessimallin luomista perustuen tapahtumalokeista kerättyyn dataan (Van Der Aalst 2016, s. 163). Tunnistamisella voidaan kuvata tarkasti prosessin työvaiheiden kulku sekä prosessikokonaisuuden tai organisaation rakenne. Noudatustarkastuksessa varsinaisia prosesseja ja mallinnettuja prosesseja verrataan ja tunnistetaan niiden perusteella toiminnallisia eroavaisuuksia (Van Der Aalst 2012). Noudatustarkastuksen avulla voidaan tarkastella, kuinka hyvin prosessi ja siitä kerätty data sopivat luotuun prosessimalliin sekä kuinka tarkasti prosessimalli taas kuvaa itse prosessia (Rozinat & Van Der Aalst 2008). Prosessien kehittämisellä prosessilouhinnan kontekstissa taas tarkoitetaan olevassa oleman prosessimallin kehittämistä perustuen oikean prosessin tapahtumalokiin kerättyyn informaatioon. Siinä missä noudatustarkastus vertailee yhtäläisyyksiä todellisuuden ja prosessimallin välillä, kehittämisessä pyritään muuttamaan olemassa olevaa prosessimallia. Kehittämisestä esimerkkinä voidaan käyttää prosessimallin kehittämistä vastaamaan enemmän todellista prosessia. (Van Der Aalst 2016, s.33)

4 DIGITAALINEN KAKSONEN

Maailmassa vallitsevan digitalisaation ja sen myötä vauhdikkaasti kiihtyvän kilpailun myötä organisaatioiden välillä, pinnalle nousee jatkuvasti uusia teknologioita ja niihin liittyviä termejä. Tuoreena terminä ja konseptina ihmisille sekä yrityksille on viime aikoina vauhdikkaasti pinnalle tiensä tehnyt digitaalinen kaksosen. Digitaalisen kaksosen ansiosta tänä päivänä fyysiset prosessit ja -toiminnot voidaan suorittaa digitaalisesti simuloiden, perustuen fyysisestä maailmasta kerättyyn ajankohtaiseen dataan (Grieves 2014). Digitaalisen kaksosen luonnin fyysisestä esineestä tai systeemistä on mahdollistanut kiihtyvä teknologinen kehitys muun muassa tiedonsiirtotekniikoiden parantumisen sekä tiedonsiirron hintojen halpenemisen kautta sekä esineiden internetin (IoT) ja sen myötä kehittyneen informaation talteenoton avulla (Tao et al. 2018). Digitaalinen kaksosen on vielä konseptina markkinoilla suhteellisen uusi ja konseptin ennustettuun, täyteen potentiaaliin ei ole vielä aivan konkreettisesti päästy. Digitaalinen kaksosen on kuitenkin jo nyt mullistanut teollisuuden alaa luomalla täysin uusia ja innovatiivisia ratkaisuja ja toimintatapoja varsinkin perinteisen tuotejohtamisen saralla.

Digitaalisen kaksosen käsite sai alkunsa vuonna 2003 Michiganin yliopistossa, kun Michael Grieves esitteli konseptin maailmalle kurssinsa ”Product Lifecycle Management” luennolla (Grieves 2014). Konsepti oli tuolloin vielä ideana hyvinkin pintapuolinen eikä digitaalista kaksoiskuvaa pystytty vielä luomaan niin, että reaali maailman data sekä fyysiset voimat ja ilmiöt saataisiin integroitua kokonaisvaltaisesti digitaaliseen peilaukseen maailmasta. Tälle oli syynä se, että tuon aikaiset konseptin mahdollistavat teknologiat olivat vielä hyvinkin rajoittuneita ja suuri osa reaali maailman datasta koskien prosessia kerättiin manuaalisesti paperille, ilman sensoreiden ja muiden datan keräykseen käytettävien teknologioiden apua. Siitä huolimatta konsepti esitettiin jo silloin koostuvan kolmesta osasta: tuotteen fyysisestä versiosta, tuotteen digitaalisesta versiosta sekä tuotteen fyysisen ja digitaalisen version välisestä yhteydestä. (Tao et al. 2019) Moderni käsitys digitaalisesta kaksosesta syntyi vuonna 2011, kun NASA käytti digitaalista kaksosta hyödykseen, yrittäessään parantaa fyysiseen avaruuslaitteiston liittyvää simulaatiotekniikkaa ja nosti aiheen jälleen pinnalle antaen konseptille myös uuden, kirjallisen määritelmän (Tuegel et al. 2011). Luomansa digitaalisen kaksosen avulla NASA sai käsiinsä informaatiota avaruuslaitteiston ja materiaalien rakenteellisesta kestävydestä suhteessa fyysisiin olosuhteisiin reaaliajassa. NASA:n

johdattamana alkoi digitaalisen kaksosen konsepti kiinnostaa maailmaa laajemmin ja tutkimustyö lähti selvään nousuun vuoden 2011 jälkeen. NASA:n julkaisun jäljiltä meni noin 3 vuotta ennen kuin ymmärrettiin, että digitaalisen kaksosen konseptia voidaankin hyödyntää myös muillakin, kuin vain ilmailun ja avaruustekniikan aloilla (Tao et al. 2019). Vuonna 2014 Michael Grieves julkaisi ensimmäisen julkaisunsa, jossa digitaalista kaksosta käsitellään laajemmassa, modernimmassa käyttötarkoituksessaan teollisuuden ja tuotannon alalla (Grieves 2014). Tämän jälkeen tutkimusten ja julkaisujen määrä aihetta koskien on jatkanut asteittaista kasvuaan tähän päivään saakka (ks. Kuva 5). Historiallisesti merkittävänä hetkinä digitaalisen kaksosen konseptille oli myös se, että se valittiin kaksi kertaa kymmenen lupaavimpaan teknologiatrendin tulevan vuosikymmenen sisällä joukkoon Gartnerin toimesta (Panetta 2016; Panetta 2017). Tao et al. (2019) esitti digitaalisen kaksosen teoreettista kehitystä kolmen kehitysvaiheen kautta, joita ovat: muodostusvaihe, itämisvaihe sekä kasvuvaihe. Muodostusvaiheella tarkoitetaan aikajaksoa modernin digitaalisen kaksosen konseptin ensiesittelystä ensimmäiseen tieteelliseen julkaisuun aiheesta. Muodostusvaiheen aikana vain harvoja artikkeleita julkaistiin konseptia koskien. Itämisvaiheella taas tarkoitetaan ajanjaksoa ensimmäisen tieteellisen artikkelin julkaisusta ensimmäiseen Grievesin (2014) julkaisemaan tieteelliseen artikkeliin, jolloin huomattiin aihepiirin nostavan arvoaan tieteellisen tutkimuksen piirissä. Kasvuvaiheella puolestaan tarkoitetaan ensimmäisen Grievesin (2014) julkaiseman jälkeistä aikaa, eli toisin sanoen myös tähän päivään jatkunutta aikaa, jolloin artikkeleiden julkaisujen määrä on lähtenyt huomattavaan nousuun. Tämän lisäksi Tao et al. (2019) ennakoivat, että julkaisujen määrä jatkaa kasvuaan ja tulee kokemaan jälleen uuden kasvupiikin tulevien vuosien sisällä.



Kuva 5: Julkaisujen määrä aiheesta "Digitaalinen Kaksonen" (Tao et al. 2019)

Viime vuosikymmenen aikana digitaalisen kaksosen mahdollistavat teknologiat, kuten mittausjärjestelmät ja datankäsittelyteknologiat ovat kokeneet räjähdysmäistä kehitystä. Tästä johtuen digitaalisen kaksosen sovellukset ovat yleistyneet sekä kehittyneet huomattavasti ja uusia sovelluskohteita ilmestyy koko ajan. Vaikka digitaalinen kaksonen onkin erittäin pinnalla teollisuuden alalla, on sen tutkimus toistaiseksi hyvin rajoittunutta muiden näkökulmien suhteen, kuin tuotejohtamisen. Tässä luvussa on tarkoitus selvittää lukijalle muun muassa mikä on digitaalinen kaksonen, mitkä ovat digitaalisen kaksosen perinteiset käyttökohteet sekä kuinka simulaatio ja digitaalinen kaksonen kytkeytyvät toisiinsa.

4.1 Digitaalisen kaksosen määritelmä

Digitaalisia mallien, kopioiden ja simulaatioiden luonnin konsepti fyysisistä esineistä tai systeemeistä on ollut olemassa jo vuosikymmeniä ja tämän kehitys on viimeisimpänä kulminoitunut digitaalisesti kaksoseksi. Vaikka digitaalinen kaksonen onkin erittäin paljon käytetty termi tiede- ja teollisuuspiireissä, on sille edelleen mahdotonta antaa yksikäsitteistä määritelmää, joka kattaisi kaikki tämän termin piiriin luetellut versiot kyberfyysisistä

mallinnuksista. Digitaalisten kaksosten välillä on eroavaisuuksia muun muassa dataintegraation tason, kyberfyysisen vuorovaikutuksen määrän sekä jäljiteltävän objektin tai systeemin monimutkaisuuden suhteen. Yleisesti katsottuna digitaalisella kaksosella tarkoitetaan fyysisen tuotteen, palvelun tai systeemin digitaalista kopiota, joka jäljittelee fyysistä kaksostaan mahdollisimman tarkasti perustuen kyberfyysiseen yhteyteen reaali- ja digiversioidensa välillä. Digitaalinen kaksonen pyrkii jäljittelemään todellisuutta digitaalisessa maailmassa muun muassa kommunikoimalla fyysisen ympäristön sekä fysiikan voimien kanssa. Digitaalinen kaksonen käyttää hyväkseen fyysisestä kaksosestaan ja ympäristöstä kerättyä dataa, jonka avulla se voi oppia systeemin operaatioista ja näin ollen auttaa päätöksenteossa. Suurimpana hyötynä toistaiseksi digitaalisten kaksosten käytöstä on nähty sen kyky auttaa yritysten tuotannonjohtoa tekemään tarkempia ennusteita, loogisia päätöksiä sekä perustellumpia toimintasuunnitelmia. (Tao et al. 2019)

Kirjallisuudessa digitaalisen kaksosen konseptille määritelmiä on lukemattomia. Digitaaliselle kaksoselle on hankala muodostaa yhtä, yleisesti käytettävää määritelmää, sillä käyttötarkoitukset sekä määritelmät vaihtelevat toimialakohtaisesti merkittävästikin. Tässä työssä tuodaan esille määritelmiä, jotka palvelevat yleisesti ottaen digitaalista kaksosta mahdollisimman kattavasti niin, ettei määritelmät perustu vain johonkin yksittäiseen tai tiettyyn toimialaan. Michael Grieves (2014, s.1) määritteli digitaalisen kaksosen olevan ”digitaalinen ekvivalentti fyysiselle tuotteelle, joka on erottamattomissa sen fyysisestä osapuolesta”. Samassa julkaisussa hän vahvisti jo vuonna 2003 esittämänsä ajatuksensa digitaalisen kaksosen koostuvan fyysisestä- ja digitaalisesta versiosta sekä niiden välisestä tiedonjaosta ja yhteydestä, joka mahdollistaa fyysisen ja digitaalisen version vuorovaikutuksen. Boscet ja Rosen (2016, s. 59) puolestaan taas määrittelevät konseptin seuraavasti: ”Digitaalisella kaksosella viitataan yleisesti ottaen kattavaan fyysiseen ja toiminnalliseen kuvaukseen fyysisestä esineestä, tuotteesta, palvelusta tai systeemistä, joka sisältää kaiken olennaisen tiedon koko tuotteen tai systeemin elinkaaren ajalta”. He painottivat määritelmässään tuotteen elinkaariajattelua ja kuvailivat digitaalista kaksosta apuvälineenä operatiiviseen johtamiseen simulointien kautta koko tuotteen tai systeemin elinkaaren ajalle.

Schroeder et al. (2016) määrittelevät digitaalisen kaksosen olevan virtuaalinen tai digitaalinen esitys oikeasta fyysisestä tuotteesta tai virtuaalinen puoli kyberfyysisiä systeemejä. Heidän

mukaansa digitaalinen kaksonen sisältää kaiken tiedon ja datan fyysisestä tuotteesta koko sen elinkaaren ajalta. Schleich et al. (2017) määrittivät digitaalisen kaksosen puolestaan seuraavasti: ”Digitaalinen kaksonen on kaksisuuntainen vuorovaikutus fyysisen systeemin tai objektin sekä sen virtuaalisten mallien kokoelman kanssa”. Heidän mukaansa kaksosen simulaatiomallit kehittyvät ja oppivat ajan myötä ennakoimaan entistä monimutkaisempia lopputulemia ja näin ollen tukevat käyttäjiään päätöksenteossa. Fei Tao, He Zhang, Ang Liu ja A. Y. C. Nee (2018) kuvasivat digitaalista kaksosta integroituna multifyysisenä, multiskaalattuna, ja todennäköisyyksiin perustuvana simulaationa kompleksista tuotteesta tai systeemistä, joka käyttää parhaita mahdollisia fyysisiä malleja ja antureita peilaamaan sen fyysistä, vastaavaa kaksosta. Taulukko 1 koostaa teoriatarkastelussa esitetyt määritelmät helposti käsiteltävänä kokonaisuutena.

Taulukko 1: Digitaalisen kaksosen määritelmät viitteittäin

Viittaus	Digitaalisen kaksosen määritelmä
Grieves (2014)	”Digitaalinen kaksonen on digitaalinen ekvivalentti sen fyysisestä tuotteesta ja on myös erottamattomissa tästä.”
Boschert & Rosen (2016)	”Kattava fyysinen ja toiminnallinen kuvaus komponentista, tuotteesta tai systeemistä, joka sisältää enemmän tai vähemmän kaiken merkittävää informaatiosta, joka on tarpeellista tuotteen kaikissa – nykyisissä ja myöhemmissä – elinkaaren vaiheissa.”

Schroeder et al. (2016)	”Virtuaalinen tai digitaalinen jäljitelmä olemassa olevasta, fyysisestä tuotteesta tai systeemistä. Kyberfyysisten järjestelmien digitaalinen osa.”
Schleich et al. (2017)	”Kaksisuuntainen vuorovaikutussuhde fyysisen objektin tai systeemin sekä sen virtuaalisen jäljitelmän välillä”
Tao et al. (2019)	”Integroitu multifyysinen, todennäköisyyksiin perustuva simulaatio, joka käyttää parhaita mahdollisia mallinnuksia peilaamaan sen fyysistä, vastaavaa kaksostaan.”

Digitaalisen kaksosen fyysisessä puoliskossa käytetään antureita ja muita älykkäitä mittausjärjestelmiä ja niiden keräämä data integroidaan reaaliajassa sen digitaaliseen kaksoseen, joka jäljittelee fyysisen version toimintaa, reflektoiden sitä vastaanottamaansa dataan reaali maailmasta. Digitaalinen kaksonen siis on täysin reaaliaikainen peilaus fyysisestä kopiostaan. Sen lisäksi, että digitaalisella kaksosella kuvataan fyysisen prosessin, systeemin tai esineen nykytilaa, niin voidaan sillä kuvata ja ennakoita myös fyysisen komponentin tulevaisuutta ajamalla simulaatioita, jotka luovat eri skenaarioita tulevaisuuden tapahtumista. (Shafto et al. 2012) Ideaalitulanteessa digitaalinen kaksonen on erottamattomissa sen fyysisestä paristaan niin toiminnallisesti kuin ulkonäöllisestikin, jonka lisäksi se pystyy suorittamaan ennusteita systeemin tulevasta käyttäytymisestä ja tapahtumista (Rasheed et al. 2020).

Digitaalisten kaksosten synnyn ja kehityksen kannalta merkittävimpiä tekijöitä ovat olleet tietoteknisten verkostojen, tekoälyn, Big Datan ja tiedonkäsittelyyn tarkoitettujen työkalujen kehitys. Ensiarvoisen tärkeänä tekijänä digitaalisen kaksosen kehityksen kannalta on ollut mittaustekniikoiden, kuten IoT-sensoreiden huikkea kehitys. Moderneiden mittaustekniikoiden ja sensoreiden kehitys on mahdollistanut nopean ja helpon tavan kerätä suuria datamääriä fyysisen maailman objekteista ja ympäristöstä. Tämän lisäksi hahmontunnistustekniikat,

tiedonlouhinta, syväoppiminen ja muut modernit data-analytiikan menetelmät ovat olleet keskeisessä roolissa paljastamaan toiminnalle kriittisiä riippuvuuksia systeemien, tuotteiden ja toimintojen välillä, jotka ovat ennen olleet piilossa. (Schleich et al. 2017).

Digitaalisen kaksosen liittyvä puute yksiselitteisestä määritelmästä on myös johtanut epäselvyyksiin siitä käytettävän termin suhteen. Digitaalisesta kaksosesta on kirjallisuudessa löydettävissä useampia eri termejä, viitaten samaan, digitaalisen kaksosen konseptiin. Näitä termejä ovat muun muassa: laitevarjo, avatar, synkronoitu digitaalinen prototyyppi tai peilattu systeemi (Rasheed et. al 2020).

4.2 Digitaalisen kaksosen perinteiset käyttökohteet

Digitaalisen kaksosen käyttökohteet ovat toistaiseksi rajoittuneet pääosin tuotannon ja teollisuuden tarpeisiin. Digitaalista kaksosta on perinteisesti käytetty teollisuuden alalla suunnitteluun, tuotannon optimointiin, ennakkointiin ja systeemin kunnan turvaamisen (Tao et al. 2019). Oracle (2017) mainitsi kahdeksan yleistä arvon muotoa, jota digitaalinen kaksosen on perinteisissä käyttömuodoissaan tuottanut yrityksille:

1. Reaaliaikainen monitorointi ja hallinta
2. Parempi tehokkuus ja turvallisuus
3. Ennakoiva kunnossapito sekä kunnossapidon aikatauluttaminen
4. Tilanne- ja riskiarviointi
5. Yhteistyökyvyn kasvu kokonaiskuvan hahmottuessa
6. Tehokkaampi ja viisaampi päätöstenteeon tukijärjestelmä
7. Tuotteiden ja palveluiden personointi
8. Parempi dokumentaatio ja kommunikaatio

Yleisesti ottaen suuresta systeemistä, kuten kokonaisen tehtaan toiminnasta on vaikeaa saada syvää, tilastoihin perustuvaa kokonaiskuvaa, vain olemalla paikan päällä. Digitaalinen kaksosen on todettu mahdollistavan suurenkin systeemin reaaliaikaisen monitoroinnin. Tämän lisäksi digitaalisen kaksosen luonteeseen kuuluen, tätä monitorointia voidaan seurata mistä vain ja sen kautta voidaan jopa suorittaa ohjaustoimintoja. (Rasheed et al. 2020 & Uhlemann et al.

2017) Reaaliaikaisella monitoroinnilla voidaan siis esittää systeemin toimintaa kaikki prosessit sisältäen kokonaisvaltaisesti niin yrityksen henkilökunnalle, sidosryhmille, kuin asiakkaillekin.

Parempaan tehokkuuteen ja turvallisuuteen digitaalinen kaksonen vaikuttaa muun muassa systeemin operaatioiden optimoinnin kautta. Tehokkuutta voidaan parantaa digitaalisella kaksosella simuloimalla paras jono tai sekvenssi operaatioita perustuen systeemin resursseihin ja resurssien saatavuuteen (Siemens 2020). Turvallisuutta taas voidaan parantaa allokoimalla riskialttiita tehtäviä tekoälyllä varustetulle robotiikalle. Tämä antaa ihmisille taas enemmän aikaa innovatiivisiin ja luoviin tehtäviin (Rasheed et al. 2020).

Ennakoiva kunnossapito sekä kunnossapidon ennakoiva aikatauluttaminen on taas nähty yhtenä kustannustehokkaimmista hyödyistä mitä digitaalinen kaksonen tarjoaa. Digitaalisen kaksosen avulla on mahdollista simuloida systeemin tai tuotteen käyttäytymistä koko sen elinkaaren ajalle, perustuen fyysisestä systeemistä kerättyyn reaaliaikaiseen dataan. Näin ollen digitaalisen kaksosen avulla voidaan myös ennakoida systeemin tulevia häiriöitä sekä käyttövikoja, jotka johtaisivat negatiivisiin vaikutuksiin systeemin toimintakyvyn kannalta. (Rasheed et al. 2020 & Tao et al. 2019) Häiriöiden ennakoinnin lisäksi digitaaliseen kaksoseen integroidun tekoälyn avulla voidaan vaivattomasti paikantaa juurisyy, tapahtuneelle häiriölle ja tämän myötä eliminoida aiheuttava tekijä ja parantaa systeemin tulevaisuuden toimintakyvyn turvaamista (Tao et al. 2017).

Tilanne- ja riskiarvioinnin digitaalinen kaksonen mahdollistaa esimerkiksi ”mitä-jos” tyyppisen skenaariosimuloinnin kautta (Boschert & Rosen 2016). Digitaalisen kaksosen avulla voidaan koeajaa odottamattomia tilanteita ja muodostaa ongelmanratkaisun kautta niiden varalle strategioita. Tämä on kustannustehokas keino hallita riskejä ja tilanteita, vaarantamatta varsinaisen systeemin toimintaa (Rasheed et al. 2020). Skenaariosimuloinnin ja sitä kautta tilanteisiin varautumisen kautta, osataan äkillisiin muutoksiin reagoida nopeasti ja usein ensimmäisellä kerralla oikealla tavalla.

Tuotteen tai palvelun tuotantoon liittyvien henkilöiden prosessitoimintaa voidaan myös tehostaa digitaalisen kaksosen avulla, kun prosessiin liittyville henkilöille voidaan esittää prosessin toiminta kokonaisuudessaan samalla esittäen prosessivaiheiden suhteet toisiinsa

(Rasheed et al. 2020). Kokonaisvaltainen katsaus systeemistä yhtenäistää henkilöstön käsitystä toimintaperiaatteista ja tehostaa koko prosessin toimintaa. Päätöksenteko helpottuu myös digitaalisen kaksosen avulla, kun systeemistä tai tuotteesta saadaan kerättyä relevanttia dataa reaaliaikaisesti sekä analysoitua sitä edistyneillä menetelmillä (Tao et al. 2019). Digitaalinen kaksonen osaa havaita muutokset systeemin toiminnassa tehokkaasti suurienkin datamassojen seasta sekä ehdottaa ratkaisuja koettuihin, haluamattomiin muutoksiin.

Myös tuotteiden ja palveluiden personointia voidaan parantaa digitaalista kaksosta hyödyntäen. Jokaisella asiakkaalla on tuotteille omat kulutustapansa. Tuotteesta tehdyn digitaalisen kaksosen avulla voidaan tarkasti seurata kuluttajakäyttäytymisen malleja (Tao et al. 2017). Tuotteen käyttötarkoitukseen perustuvaan dataan pohjautuen voidaan tehdä muutoksia esimerkiksi tuotesuunnittelun vaiheessa. Näin voidaan parantaa tuotteen toimintakykyä asiakkaan tarpeisiin nähden. Parempi dokumentaatio ja kommunikaatio taas saavutetaan digitaalisella kaksosella, kun digitaalinen kaksonen automaattisesti arkistoi keräämänsä reaaliaikaisen datan dokumenttipohjaisesti (Rasheed et al. 2020). Tämä automaattinen raportointi sekä heti saatavilla oleva reaaliaikainen data auttavat luomaan myös sidosryhmille selkeän kuvan liiketoiminnalle kriittisistä operatiivisista ominaisuuksista.

4.3 Digitaalinen kaksonen organisaatiosta

Merkittävän suuri datavirtojen kasvu koskien yrityksen laitteita, aktiviteetteja, ihmisiä sekä näiden välistä kommunikaatiota on synnyttänyt konseptin digitaalisesta kaksosesta organisaatiosta (DTO). Siinä missä digitaalinen kaksonen jäljittelee yksittäisen komponentin tai koneen toimintaa, kuvaa DTO kokonaisen organisaation toimintaa. DTO päivittyy reaaliaikaisesti, kun organisaation tila muuttuu, aivan kuten digitaalinen kaksonen yksittäisestä koneestakin päivittyy, kun koneen tila muuttuu. (Parmar et al. 2020).

Konseptin luoja Gartner (2018) määrittelee DTO:n dynaamiseksi malliksi mistä tahansa organisaatiosta, joka käyttää operatiivista dataa ymmärtääkseen, kuinka organisaatio muuttaa liiketoimintamallinsa operatiiviseksi toiminnaksi, käyttää resursseja ja tuottaa asiakkaille arvoa. Parmar et al. (2020) listaa DTO:lla saavutettaviksi arvoiksi muun muassa:

1. Kustannussäästöt organisaatiollisten simulaatioiden kautta, jotka auttavat tunnistamaan tehokkaita tapoja toimia.
2. Markkinaymmärryksen kasvu kuluttajien ostokäyttäytymisen mallintamisen avulla.
3. Päätöksenteon helpottuminen, kun voidaan simuloida, kuinka tietyt päätökset vaikuttavat operatiiviseen toimintaan.
4. Uusien tuotteiden ja palveluiden luonti helpottuu, kun yhdistetään kuluttajan tarpeiden monitorointi sekä tuotteen/palvelun mallinnus ennen fyysisen prototyypin luontia.

Digitaalista kaksosta organisaatiosta on esitetty kirjallisuudessa teoriaan perustuen tulevana todennäköisenä konseptina, joka konkretisoituu kunnolla vasta, kun sen integroimiseen vaadittavien teknologioiden kehitys on tarpeeksi edistynyttä (Parmar et al. 2020 & Reinkemeyer 2020). DTO:sta on siis olemassa konseptina tietoa, mutta konkreettisesti sen käyttö ei ole vielä operatiivisessa yritysmaailmassa täysin puhjennut potentiaaliinsa. DTO:n onnistuneesta implementoinnista on siis löydettävissä työssä käytetyillä hakumenetelmillä vain harvoja esimerkkejä.

4.4 Digitaalinen kaksosen ja simulaatio

Vaikka digitaalinen kaksosen koostuu simulaatioista ja simulaatio taas puolestaan voi olla digitaalisen kaksosen suorittama, eivät ne kuitenkaan ole täysin sama asia keskenään. Tässä kappaleessa on tarkoitus pureutua simulaation ja digitaalisen kaksosen luonteenpiirteisiin sekä niitä yhdistäviin, kuin myös erottaviin tekijöihin.

Modernissa yritystoiminnassa mallintaminen ja simulointi kuuluvat yleisesti käytettyihin prosesseihin erilaisten systeemien kehittämisessä (Boschert & Rosen 2016). Simuloinnilla tarkoitetaan reaali maailman prosessien tai systeemien toiminnan imitointia suhteessa aikaan. Simulointimallin avulla voidaan tarkastella systeemin käyttäytymistä suhteessa aikaan. Simulaatiomallit puolestaan koostuvat systeemin käyttäytymiseen liitetystä sääntöjen joukoista. Simulaatiomalleja hyödynnetään usein tuotteen, systeemin tai prosessin suunnitteluvaiheessa, selventääkseen systeemin toimintaa tulevaisuudessa, sille annettujen parametrien perusteella. Simulointimallin kehityksen jälkeen, voidaan sen avulla luoda erilaisia ”mitä-jos?”-skenaarioita fyysisen prosessin käyttäytymisestä. Simulaatiosta voidaan kerätä

informaatiota sekä analysoida tätä, niin kuin oikeasta systeemistäkin. Simulaatiosta saatua dataa voidaan hyödyntää muun muassa fyysisen prosessin kehittämisessä tai suorituskyvyn arvioinnissa. (VanDerHorn & Mahadevan 2020; Banks et al. 2005)

Digitaalisen kaksosen ja simulaation yhteinen tarkoitus jäljitellä fyysisen maailman toimintaa on johtanut siihen, että termit ovat ajan saatossa menneet sekaisin ja niitä on voitu käyttää väärässä merkityksessä. Suurimpana eroavaisuutena digitaalisen kaksosen ja simulaation välillä on VanDerHornin ja Mahadevanin (2020) mukaan se, että simulaatio ennustaa tulevaa perustuen joukkoon oletuksia toisin kuin digitaalinen kaksonen, joka ennakoii tulevaa perustuen fyysisen systeemin mittaustuloksiin nykytilasta sekä historiadatasta. Heidän mukaansa syy sille, miksi digitaalinen kaksonen ja simulaatio usein sekoitetaan, on se, että vaikei digitaalinen kaksonen itsessään ole simulaatiomalli, niin useiden simulaatiomallien käyttö digitaalisen kaksosen yhteydessä on hyvinkin yleistä. Näiden simulaatiomallien käyttö digitaalisen kaksosen rakenteessa auttaa päätöksenteossa, operatiivisessa optimoinnissa, kulumisen ja kunnossapidon ennakoimisessa sekä systeemin häiriöiden ennakoimisessa. Näiden yhteneväisyyksien sekä eroavaisuuksien lisäksi digitaalinen kaksonen vaatii toimiakseen älykkään antureista koostuvan mittausverkoston sekä fyysisen systeemin, kun taas simulaatiomalli ei vaadi toimiakseen kumpaakaan (Tao et al. 2018).

Digitaalisen kaksosen ja simulaation välillä pääasiallisena erottajana toimii siis digitaalisen kaksosen reaaliaikainen päivittäminen. Simulaatiolla insinöörit ja suunnittelijat voivat testata ja analysoida fyysisestä systeemistä simuloidun version toimintaa staattisesti. Simulaatio ei siis päivitty fyysisen systeemin muutosten mukaan, ellei simuloinnin ajaja manuaalisesti aja nykytilaa parametrein simulaatioon. Digitaalinen kaksonen puolestaan päivittyy reaaliaikaisesti fyysisen maailman olosuhteiden muutosten mukaan, eli se vastaanottaa ja reagoi fyysisen systeemin lähettämään muutosdataan. Näin ollen digitaalisen kaksosen ajamat simulaatiot ja testit perustuvat siis oikeisiin, fyysisessä maailmassa vallitseviin olosuhteisiin. Reaaliaikainen simulaatiomallin päivittyminen johtaa myös tarkempiin – ja samalla arvokkaampiin testituloksiin. (Downey 2020)

Vaikkakaan digitaalinen kaksonen ja simulaatio eivät siis ole identtisesti sama asia, voidaan kuitenkin turvallisesti todeta niiden olevan voimakkaasti kytköksissä toisiinsa. Digitaalisen

kaksosen voidaan nähdä koostuvan useista eri simulaatiomalleista, joita se käyttää hyväkseen käyttötarpeidensa mukaan. Boschert & Rosen (2016) kuvailivat digitaalisen kaksosen simulaatiopuolta seuraavasti: ”Digitaalisen kaksosen simulointi aspekti voidaan nähdä joukkona merkittäviä digitaalisia komponentteja, jotka sisältävät teknistä ja operatiivista dataa lisättynä simulaatiomallein luotuun systeemin käytökuvaukseen”. Heidän mukaansa digitaaliset kaksoset hyödyntävät näitä simulaatiomalleja perustuen niiden kykyyn ratkaista ongelmia, ehdottaa päteviä ratkaisuja näihin ongelmiin sekä kuvata systeemin käyttäytymistä.

5 DIGITAALINEN KAKSONEN OSANA PALVELUPROSESSIA

Digitaalisen kaksosen tieteellinen kirjallisuus sekä nykypäiväinen tutkimus on painottunut erittäin vahvasti tuotannollisiin ratkaisuihin sekä tuotejohtamiseen. Tästä syystä tieteellistä evidenssiä digitaalisen kaksosen soveltamisesta palveluprosessien kehittämiseen on olemassa erittäin vähän. Tässä luvussa pyritään yhdistämään aikaisemmin käytyjä teoreettisia tarkasteluja digitaalisen kaksosen ominaisuuksista sekä palveluprosessien kehittämisestä ja ehdotetaan mahdollisia sovelluskohteita digitaaliselle kaksoselle perustuen sen, jo olemassa oleviin, tunnettuihin sovelluskohteisiin. Tämän lisäksi pyritään löytämään ehdotetuille sovelluskohteille käytännön esimerkkejä tukemaan sovellusmahdollisuuksia. Luvussa käsitellään ensiksi seikat, joiden avulla digitaalisen kaksosen hyödyntäminen palveluprosessissa mahdollistuisi. Tämän jälkeen seuraavassa kappaleessa käsitellään konseptin mahdolliset hyödyt palveluprosessiin, jota seuraa sen soveltamiseen liittyvät ongelmakohdat. Synteesin asiakokonaisuus suljetaan case-esimerkillä, jonka tarkoituksena on esittää lukijalle, kuinka yritysmaailmassa on onnistuttu hyödyntämään käsittelykappaleissa esitettyjä sovelluskohteita. Lopuksi luvussa arvioidaan tutkimustulosten luotettavuutta ja oikeellisuutta.

5.1 Digitaalisen kaksosen integrointi palveluprosessiin

Kun ajatellaan palveluprosessien yleistä luonnetta hyvin ihmisorientoituneena ja heterogeenisenä kokonaisuutena, joka koostuu suuresta määrästä niin asiakkaalle näkyviä, kuin näkymättömiäkin vaiheita, voidaan palveluiden todeta olevan hyvin herkkiä muutoksille, niihin vaikuttavien muuttujien määrien ollessa korkea (Grönroos & Tillman 2020, s. 81). Asiakasintensiivisissä palveluissa asiakkaiden tuoman arvaamattomuuden takia palveluiden tehokkuuden optimointi voi olla lähtökohtaisesti hankalaa (George 2003). Fyysisten tuotteiden tuotannossa ja perinteisessä teollisuudessa taas arvaamattomuus on pienempi ja komponenttien toiminta on tarkasti mitattavissa. Tämä mahdollistaa myös sen, että jokainen suorite pystytään toistamaan samalla tavalla, joka avaa portit tuotannon optimointiin digitaalisen kaksosen avulla (Tao et al. 2019). Tämän kappaleen tarkoitus on esittää teoriaan pohjautuvaa pohdintaa siitä, kuinka palveluprosesseja voidaan räätälöidä niin, että digitaalisen kaksosen hyödyntäminen niiden kehityksessä olisi helpompaa.

Koska palveluprosessi ja tuoteprosessi ovat neutraalissa muodossaan hyvinkin poikkeavat toisistaan muun muassa arvattavuutensa ja ympäristöllisten tekijöidensä puolesta, voidaan todeta, ettei yksittäisiä digitaalisia kaksosia voida suoraan hyödyntää palveluprosessiin samalla tavoin, kuin tuoteprosessiin. Tämän sijaan, jos palveluprosessi muotoillaan jäljittelemään tuoteprosessia, avautuu myös digitaalisen kaksosen käytölle mahdollisuuksia myös palveluprosessin kehittämisen piirissä. Färnich (2007) esitti, että palveluissa, joissa asiakasintensiivisyys sekä asiakkaiden vaikutus prosessin kulkuun on matala, on paljon samoja piirteitä tuoteprosessin kanssa ja näin ollen, niitä voidaan myös kehittää samankaltaisilla metodeilla. Tästä voidaan päätellä, että etenkin prosessikeskeiset sekä joustavuuskeskeiset palvelut omaavat itsessään jo mahdollisuuksia digitaalisen kaksosen integroimiseen palveluprosessiin, niiden asiakasintensiivisyyden ollessa matalia. Tämän lisäksi suurta osaa myös muun tyyppisten palveluiden prosesseista voidaan kehittää ainakin ”back-office”-prosessivaiheiden osalta, jotka voivat koostaa palveluprosessin tehokkuudesta merkittävän osan (Business Systems UK, 2021).

Jotta palveluprosessiin saadaan mahdollisimman paljon tuoteprosessin elementtejä, on keskityttävä sen vaiheiden standardointiin ja palveluprosessin suoritteiden toistettavuuteen sekä mitattavuuteen. Tähän hyvänä työkaluna voidaan käyttää apuvälineenä palvelun tuotteistamista (Jaakkola et al. 2009). Kun palveluprosessi tai sen vaiheita onnistutaan tuotteistamaan ja vakioimaan, prosessin kokonaisvaltainen hallinta paranee. Prosessivaiheiden standardointi auttaa myös epäkohtien tunnistamisessa, kun pystytään paremmin tunnistamaan poikkeavuudet haluttujen ja varsinaisten tapahtumien välillä. Tämä elementti on tärkeä myös digitaalisen kaksosen toiminnallisuuden kannalta, sillä digitaalisen kaksosen kykyihin kuuluu tehokas kyky osoittaa poikkeamat normaalitilasta ja näin ollen tunnistaa epäkohtia (Tao et al. 2019).

Näiden seikkojen lisäksi ennen kuin digitaalinen kaksos voidaan integroida osaksi palveluprosessin systeemiä, on tärkeää luoda selvä kuva palveluntuottajayrityksen sisällä palveluprosessin kaikista vaiheista, niiden välisistä suhteista sekä vaiheiden merkityksestä arvonluonnin kannalta. Kyseisten tavoitteiden saavuttamiseksi voidaan hyödyntää esimerkiksi edellä mainittua Blueprint-menetelmää, jossa palveluprosessin vaiheet puretaan osiin ja kategorisoidaan muun muassa näkyvyyden sekä palvelulle kriittisyyden perusteiden (Ojasalo &

Ojasalo 2008). Koska digitaalinen kaksonen kuitenkin vaatii tarkkaa dataa jokaisesta prosessin vaiheesta, voidaan blueprint-menetelmääkin vahvempana työkaluna digitaalisen kaksosen integrointiin nähdä prosessilouhinnan menetelmä. Prosessilouhintaa voidaan siis käyttää hyödyksi yhdistämään datalähtöisyys vähintään jokaiseen prosessin toiminnalle blueprint-menetelmässä tunnistettuun kriittiseen vaiheeseen (Reinkemeyer 2020).

Prosessilouhinta itsessään tarpeeksi kattavalla dataintegraatiolla voi mukailla jo digitaalisen kaksosen konseptia hyvinkin läheltä. Scurryn (2019) mukaan prosessilouhinta voidaan nähdä digitaalisen kaksosen organisaatiosta ydinmahdollistajana. Hänen mukaansa prosessilouhinnan hyöty digitaalisen kaksosen integroinnissa perustuu siihen, että prosessilouhinnassa käytetään reaaliaikaista dataa prosessin operaatioista, joka on hyödynnettävissä nopeasti, eikä se ole altista virheille, kuten perinteiset prosessienkuvantamismenetelmät. Myös Gartner (2018) mainitsee prosessilouhinnan tulevan olemaan merkittävä osa DTO:n luonnissa, sen tarjotessa mahdollisuuden yhdistää prosessidata digitaaliseen mallinnukseen organisaatiosta. Prosessilouhinta itsessään ei kuitenkaan ole tae digitaalisen kaksosen mahdollistamiselle, vaan mahdollisuudet kulkevat käsi kädessä datan laadun perusteella. Jotta prosessilouhintaa voidaan pitää digitaalisen kaksosen mahdollistajana, on jokaisella prosessilla oltava mitattavat ominaisuudet, jotka edustavat prosessin suorituskykyä. Edellytys digitaalisen kaksosen luonnille palveluprosessista on, että prosessit ovat sekä mittaustulokset arvioitavissa niin, että niiden avulla voidaan analysoida prosessin suoritusta. Tämä suorituskykyyn perustuva mittaus mahdollistaa myös digitaalisen kaksosen ominaisuuden luoda tulevaisuuteen ennakoivia simulaatioita kyseisistä prosessivaiheista. (Reinkemeyer 2020)

5.2 Käytön hyödyt palveluprosessien kehityksessä

Digitaalinen kaksonen on perinteisesti yhdistetty käytettäväksi tuotteen, esineen, komponentin tai tuotantolinjan yhteydessä. Tästä käyttötarkoituksesta todistettuja hyötyjä on pystytty havaitsemaan myös kirjallisuudessa (Rasheed et al. 2020 & Tao et al. 2019). Palveluprosessit ovat kuitenkin sarjoja, aineettomia aktiviteetteja ja tapahtumia, jotka yhdessä muodostavat ratkaisun asiakkaan kokemaan ongelmaan (Grönroos 1990). Koska palveluprosessit koostuvat pääosin aineettomista aktiviteettien sarjoista, joiden kulkuun osallistuu esimerkiksi asiakkaiden ja prosessivaiheiden keskinäisen vuorovaikutuksen tuomat vaikutukset, on tuotejohtamisen

sovelluksia, jotka perustuvat joko yhteen esineeseen tai muutaman komponentin systeemiin, vaikea suoraan hyödyntää palveluprosessien kehittämisessä. Perinteiset digitaaliset kaksoiset kuvaavat enemmän fyysisiä tuotteita, niiden tuotantoa sekä infrastruktuuria, kun DTO taas kuvaa enemmän kokonaisvaltaisesti operatiivisia prosesseja (Tao et al. 2019 & Gartner 2018). Voidaan siis todeta palvelun prosessimainen luonne huomioon ottaen, että digitaalinen kaksonen organisaatiosta tai palveluyksiköstä, joka huomioi palveluprosessin kaikki vaiheet tai vähintäänkin ydinprosessivaiheet, toisi mukanaan parhaat edut yleisesti ottaen palveluprosessien kehittämisessä. On kuitenkin huomioitava, että digitaalinen kaksonen organisaatiosta on kompleksi kokonaisuus kaikista operatiivisista prosessin osista ja sen käytöstä on tieteellisessä kirjallisuudessa vielä hyvin vähän olemassa olevaa informaatiota. Tämän vuoksi tämä luku käsittelee enemmän kirjallisuudesta löytyvää sekä teoriapohdiskeluun perustuvaa potentiaalia digitaalisen kaksoisen hyödyntämisestä palveluprosesseissa, kuin varsinaisia, yleisessä käytössä olevia sovellustarkoituksia.

Kuten sanottua, on palveluprosessien kehittämisen keskiössä tarve uudistaa prosesseja minimoimalla turhat, arvoa tuottamattomat työvaiheet sekä kohdistaa prosessit tuottamaan asiakkaalle miellyttävämmän kokemuksen palvelusta (Hamel & Prahalad, 1994). Mikäli digitaalinen kaksonen onnistutaan luomaan palvelusysteemistä, saadaan käyttöön myös osa samoista hyödyistä ja sovelluskohteista, kuin fyysisten tuotteiden tuotannossa. Nämä sovelluskohteet voivat tukevat myös palveluprosessien kehittämisen keskiössä olevia arvoa tuottamattomien työvaiheiden minimointia sekä tehokkaan ja miellyttävän asiakaskokemuksen luontia. Näitä mahdollisia, perinteisistä sovelluskohteista saatavia hyötyjä palveluprosessien kehittämisen näkökulmassa ovat erityisesti luvusta 4.2 poimittuna:

1. Palveluprosessin reaaliaikainen monitorointi
2. Parempi tehokkuus
3. Tilanne- ja muutosarviointi
4. Yhteistyökyvyn kasvu sekä palveluvision yhtenäistäminen asiakkaan kanssa

Kun palveluprosessin kokonaisuudesta saadaan luotua prosessilouhinnan avulla digitaalinen kaksonen, mahdollistuu palveluprosessin kulun seuranta reaaliajassa. Palveluprosessin visualisointi auttaa palveluntuottajia sekä sidosryhmiä ymmärtämään palvelun

toiminnallisuutta holistisena kokonaisuutena (Reinkemeyer 2020). Palveluprosessin visualisoinnin avulla saadaan konkreettinen näkymä palveluprosessien eri vaiheiden merkityksestä kokonaisuudelle ja tämä voi antaa niiden kehittämislle uusia näkökulmia. Tämä auttaa myös yrityksen henkilöstöä ja johtoa muodostamaan ajan tasalla olevan tilannekuvan prosessin nykytilasta.

Parempaan tehokkuuteen taas digitaalisen kaksosen avulla päästään, kun voidaan esimerkiksi prosessista luotujen simulaatiomallien perusteella tunnistaa oikean toiminnan ja digitaalisen mallin poikkeavuudet. Tämän lisäksi prosessivaiheiden suoritusajoin vertailemalla voidaan digitaalisen kaksosen avulla pyrkiä järjestelemään prosessin resurssit niin, että prosessin suoritusajat saadaan optimoituja. Tämä on mahdollista niin kutsutulla layout testaamisella, joka perustuu fyysisten laitteiden, henkilöstön sekä käytössä olevan tilan allokointiin digitaalisen kaksosen avulla (Guo et al. 2021).

Digitaalinen kaksosen simulaatio-ominaisuuksien avulla voidaan myös kustannustehokkaasti testata, kuinka palveluprosessin lopputulema reagoi prosessin muutoksiin. Kun palvelulla on selkeät vaiheet tarvittavilla parametreilla sekä ulostulo, voidaan skenaariosimulaation avulla esimerkiksi modifioida haluttujen prosessivaiheiden parametrejä ja tämän myötä seurata, kuinka prosessin lopputulos muuttuu tai kuinka muutettua prosessivaihetta seuraavat vaiheet reagoivat muutokseen (Boschert & Rosen 2016). Tämä tuo huomattavia kustannustehokkaita optimointimahdollisuuksia vaarantamatta toiminnassa olevan palvelusysteemin toimintaa (Rasheed et al. 2020). Skenaariosimuloinnin kautta voidaan myös havaita epätoivottujen tapahtumien vaikutus systeemille ja näin palveluntuottajan puolesta on paremmat mahdollisuudet osata reagoida oikealla tavalla vastoinkäymisten sattuessa.

Reaaliaikainen sekä visuaalinen prosessikuvaus digitaalisella kaksosella antaa mahdollisuuden henkilöstölle yhtenäistää keskinäistä työskentelyään, kun jokainen osallistuja sisäistää palvelun päämäärän sekä prosessivaiheiden merkityksen sen kannalta (Rasheed et al. 2020). Lisäksi palvelujen luonteen ollessa pääosin aineetonta, voi asiakkaan oletamus palvelusta olla poikkeava todellisesta palvelukokemuksesta. Digitaalisen kaksosen avulla palveluiden kulkua voidaan visualisoida asiakkaalle jo ennen ostopäätöstä, jolloin myös palveluntuottaja pystyy tarjoamaan asiakkaalleen entistä tarkemman arvolutapauksen. Asiakkaan ollessa keskeinen osa

palveluntuotantoa, on se myös helpompi sisällyttää palveluprosessien kehittämiseen visuaalisen palvelun mallinnuksen kautta (Yalley & Sekhon 2014).

5.3 Mahdolliset käytön riskit ja ongelmakohdat

Vaikka digitaalisen kaksosen potentiaali palveluprosessien johtamisessa on merkittävä, tulee sen mukana myös huomioon otettavia ongelmia. Kirjallisuudessa ongelmat liittyen digitaalisen kaksosen hyödyntämiseen pyörivät yleisesti ottaen seuraavien aihepiirien parissa: tietoturvallisuus ja eettiset riskit sekä tekniset ongelmat (Parmar et al. 2020 & Farsi et al. 2020). Näiden lisäksi palveluiden luonteesta ihmiskeskeisinä prosesseina, nousee ongelmaksi ihmisten epäsystemaattinen ja arvaamaton toiminta (George 2003; Banaee et al. 2021).

Ihmisorientoituneissa palveluissa yksityistä ja salassa pidettävää dataa on merkittävä määrä (Lee 2017). Tietosuojan liittyvien säädösten yleistyessä, kuten EU:n tietosuoja-asetus, nousee yritysten eettiset ja tietosuojalliset riskit datan hyväksikäytön puitteissa jatkuvasti. Kun yrityksillä on saatavilla muun muassa digitaalisen kaksosen avulla kerättyä, salassa pidettävää dataa, on niiden käsiteltävä sitä ihmisoikeuksien mukaan varoen, toimiakseen eettisten periaatteiden rajoissa. Digitaalisen kaksosen hyödyntämistä asiakasintensiivisissä palveluissa tulee siis harjoittaa varoen, välttyäkseen muun muassa laillisilta ja maineellisilta riskeiltä. (Parmar et al. 2020)

Teknisillä ongelmilla asiayhteydessä tarkoitetaan yritysten kokema ongelmaa niin mahdollistavien teknologioiden, kuin myös ammattitaidon puutteesta koskien digitaalisen kaksosen luomista organisaation prosesseista. Kuten Grieves (2014) määritteli, tulee digitaalisen kaksosen olla erottamattomissa sen fyysisestä puoliskosta. Jotta erottamattomuus ja saumaton hyödyntäminen prosessien optimoinnissa on mahdollista, vaaditaan mahdollistavilta teknologioilta huomattavaa edistyneisyyttä. Ongelmakohtina nykyisten teknologioiden puolesta kattavan digitaalisen kaksosen luonnissa Rasheed et al. (2020) mukaan nähdään muun muassa: sensoridatan paikallis-ajallinen tarkkuus, tiedonsiirron viive, suurten datamäärien keruu, suuri datan tuottamisnopeus, tarpeeksi monimuotoinen datakattavuus sekä datan todenmukaisuus. Teknologisten seikkojen lisäksi yrityksiltä vaaditaan laajaa osaamista digitaalisen kaksosen kokonaisvaltaiseen hyödyntämiseen. Jos yritykseltä ei löydy vaadittavaa

taitotasoa, voi digitaalisen kaksosen avulla haettujen hyötyjen realisoituminen estyä (Davenport & Harris 2007). Jos digitaalisen kaksosen käyttöön ei ole vaadittavaa ammattitaitoa, voi yritysten olla hankala tunnistaa relevantti prosessidata, keinot sen mittaukseen sekä oikeat datantulkintametodit (Parmar et al. 2020). Nämä ongelmat voivat myös korostua erityisesti palveluprosesseissa, joissa asiakkaan kokema hyöty on keskeisessä roolissa arvontuoton kannalta, ja suorituskyvyn mittarit ovat siten hankalammin määriteltävissä.

Palveluprosessit ovat huomattavasti riippuvaisempia ihmisten interaktiosta kuin tuotantoprosessit. Palveluiden inhimillinen luonne on suurin syy prosessin kulun variaatiolle. (George 2003) Ihmisten käyttäytymisen kuvioivaa analyysia voidaan toteuttaa integroimalla tekoälyratkaisuja digitaalisen kaksosen yhteyteen (Zou et al. 2018). Ongelmana ihmisten toimien monitoroinnissa on kuitenkin visuaalisesta kaksosesta katsojalle näkymättömät osat ihmisen käyttäytymisestä, joita on vaikea muuttaa tulkittavaksi dataksi. Näitä näkymättömiä osia on muun muassa tekijät, kuten kulttuurin, sosiaalisen vetovoiman tai ympäristön vaikutukset ihmisten käytökseen. Esimerkkinä tästä ongelmasta voidaan käyttää vertailua ihmisten ja robottien käyttäytymisestä tyhjällä kadulla joko keskipäivällä tai keskiyöllä. Esimerkin päähavaintona on, että ihmisten suhtautuminen keskellä yötä tyhjällä kadulla kulkemiseen voi olla varautunutta, kun taas robotille kellonajalla ei ole merkitystä kadulla kulkemisessa. (Banaee et al. 2021)

5.4 Case-esimerkki CKE Restaurant Holdings

CKE Restaurant Holdings Inc. on amerikkalainen pikaruokayhtiö, joka käytti digitaalista kaksosta Carl's Jr ja Hardee's nimisissä ravintoloissa hyväkseen palvelullisten elementtien kehittämisen toivossa (Howard 2019a). Tämän case-esimerkin tarkoituksena on esittää CKE:n saavuttamat hyödyt digitaalisen kaksosen integroimisesta ravintolapalveluprosessin kehittämistoimintaan ja konkretisoida työn tutkimustuloksia reaali maailman esimerkein.

CKE onnistui luomaan uudestaan satoja palveluprosessin toiminnalle merkittäviä fyysisiä elementtejä digitaalisesti ja sitä kautta luomaan näistä eri kokoonpanoskenaarioita tarkoituksena löytää tuotannollisesti tehokkain ravintolakokoonpano prosessin toiminnalle (Howard 2019b). CKE:n perimmäisenä tarkoituksena projektiin lähtiessä oli pyrkiä

uudelleenjärjestelemään keittiöresursseja ja prosesseja, lisätä uutta laitteistoa keittiöön sekä parantaa ravintoloidensa tuottavuutta (Howard 2019a). Jotta ravintolasta saatiin luotua digitaalinen kaksosen, jouduttiin yrityksen sisällä kuvaamaan kaikki palveluprosessin vaiheet aina lautasten putsaamiseen saakka sekä keräämään niistä operatiivista dataa (Bandoim 2019). Vain näin tarkkojen simulaatiomallien luonti ravintolan operatiivisesta kokonaisuudesta oli mahdollista.

Digitaalisen kaksosen soveltamista prosessin kehittämiseen CKE testasi vuonna 2019 Hardee's-ravintolassa järjestetyssä tapahtumassa. Tapahtuman aikana onnistuttiin testaamaan digitaalisen kaksosen simulaatiomallien avulla viittä eri ravintolakokoonpanoa sekä kymmentä uutta ravintolalaitetta sekä näiden vaikutusta liiketoiminnan operaatioihin, ravintolan prosessi- sekä ympäristödataan perustuen. (Bandoim 2019) Datan avulla simulaatioista saatiin luotua tarkkoja ja tätä seurasi luonnollisesti myös tarkat tulokset (Howard 2019b). Lopputuloksena Hardee's myymälässä saavutettiin ravintolan tehokkaampi järjestelykokoonpano sekä -operatiivinen toimintalogiikka. Tämän lisäksi tapahtuman aikana huomattiin myös digitaalisen kaksosen potentiaali henkilöstön koulutustapahtumien virtaviivaistamisessa. Koulutusmahdollisuuksien parantumisen ja käyttäjäystävällisemmän keittiökokoonpanon uskottiin johtavan henkilöstön työskentelyn tyytyväisyyden kasvuun sekä irtisanoutumisien laskuun. (Howard 2019a)

CKE:n projektin johtohenkilöiden mukaan arvokkaimpia ominaisuuksia digitaalisen kaksosen hyödyntämisestä heidän palveluprosessinsa kehittämiseen oli kyky syrjäyttää perinteiset menetelmät uusien palvelulogiikoiden testaamisessa. Ennen uusia toimintamalleja testatessa jouduttiin ensiksi rakentamaan tarvittavat infrastruktuurin muutokset, palkkaamaan vaadittu henkilökunta ja vasta tämän jälkeen voitiin testata varsinaisia vaikutuksia sekä analysoida niiden tuloksia, jotka usein epäonnistuessaan johtivat prosessin uudelleenmuokkaamiseen sekä uudelleentestaamiseen. Nyt kaikki nämä vaiheet oli mahdollista hoitaa puuttumatta fyysisen maailman elementteihin, tehden siitä erittäin kustannustehokkaan tavan toteuttaa operatiivisten prosessien kehitysmuutoksia. (Bandoim 2019; Howard 2019a)

5.5 Tulosten arviointi

Työn toteutuksen menetelmän ollessa kirjallisuuskatsaus, tutkimustuloksia varten työprosessin aikana tutustuttiin kirjallisuuteen digitaalisesta kaksosesta, palveluprosesseista, palveluprosessien kehittämisestä sekä niiden menetelmistä ja muihin aihepiiriin liittyviin sekä sitä sivuaviin teorialähteisiin. Digitaalisen kaksosen hyödyntämisestä suoranaisesti palveluprosessien kehittämisen kontekstissa on tutkimuksessa käytettyjen hakuperustein löydetty vain hyvin vähäisesti tietoa. Tutkimuksen tiedonhaku suoritettiin käyttämällä hyväksi LUT-yliopiston tarjoamia tietokantoja, verkkokirjastopalvelua, Googlen tarjoamaa Google Scholar -hakupalvelua sekä internetiä. Pääasiallisina hakusanoina tutkimusongelman selvittämiseksi käytettiin muun muassa: ”Digital Twin”, ”Service operations management” ja ”Service engineering”. Teorialähteiden luotettavuutta arvioitiin koko kirjoitusprosessin ajan ja epäluotettavien lähteiden määrä pyrittiin minimoimaan.

Työssä saavutetut tutkimustulokset edustavat työn kirjoittajan näkemystä tiedonhakuprosessin aikana löydettyyn faktapohjaiseen teoriaan sekä niiden yhdistämiseen tutkimusongelman ratkaisevaksi kokonaisuudeksi. Tutkimustulokset ovat siis yhden henkilön muodostamia johtopäätöksiä ja näin ollen tutkimustulosten käytettävyyteen tulee suhtautua asianmukaisella kriitikkillä. Työssä pyrittiin löytämään teoreettisia siltoja ja yhtenäistäviä tekijöitä tutkimusaiheiden välille ja tätä kautta yhdistämään työ loogiseksi kokonaisuudeksi kirjallisuudessa niukaksi todetusta aihepiiristä. Tutkimustuloksiin päästiin yhdistämällä aihepiiristä saatavilla oleva teoria sekä kirjoittajan omat pohdinnat ja näkemykset.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä kandidaatintutkielmassa tutkittiin digitaalisen kaksosen hyödynnettävyyttä palveluprosessien kontekstissa. Työn tavoitteena oli selvittää digitaalisen kaksosen hyödyntämisen mahdollisuudet palveluprosessien kehittämisen piirissä. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, millä tavoin palveluprosessien kehittäminen digitaalisen kaksosen avulla on mahdollista, mitä etuja sen hyödyntämisellä on saavutettavissa sekä mitä ongelmia konseptin hyödyntäminen palveluprosesseissa voi tuoda vastaan. Kyseisiä asioita lähdettiin selvittämään kirjallisuuskatsauksen periaattein, etsimällä tieteellisesti relevanttia informaatiota koskien digitaalista kaksosta ja sen alakäsitteitä, palveluprosesseja sekä niiden kehittämisen periaatteita sekä näitä yhdistäviä tekijöitä, kuten datalähtöistä prosessien kehittämistä. Tekstin teoriakäsittelyn avulla lukijalle luodaan tekstissä riittävä ymmärrys sen aihepiireistä, jotta synteesin ja pohdintojen esittäminen loogisesti mahdollistuu. Työssä vastattiin ensimmäisenä tutkimuskysymykseen:

- 1. Minkälaisia mahdollisuuksia digitaalisen kaksosen käyttö tuo palveluprosessien kehitykseen?*

Valtaosa olemassa olevista ja tunnetuista digitaalisen kaksosen sovelluskohteista rajoittuu fyysisten tuotteiden ja tuoteprosessien kontekstiin. Digitaalisen kaksosen konseptilla kuitenkin tunnistetaan olevan huomattavaa potentiaalia myös organisaatioiden operatiivisten prosessien, ja näin ollen myös palveluprosessien piirissä. Kun palveluprosessin rakennetta saadaan palveluiden kehittämismenetelmien avulla standardoitua ja näin ollen mukailemaan tuoteprosessin luonteenpiirteitä, avautuu tehokkuudellisen optimoinnin mahdollisuudet paremmin myös palveluprosessien kehittämiseen.

Palveluprosessien kehittämisen yhteydessä digitaalisen kaksosen havaittiin tuovan hyötyjä reaaliaikaisen monitoroinnin, paremman tehokkuuden, muutosarvioinnin ja palveluvision yhtenäistämisen muodoissa. Näiden hyötyjen todettiin realisoituvan yrityksille palvelun kokonaishallinnan paranemisen, kustannustehokkaiden suunnitteluvaiheiden ja tarkempien arvolupausten muodoissa. Toisena tutkimuskysymyksenä työssä vastattiin kysymykseen:

2. Mitkä ovat palveluprosessin kehittämisessä digitaalisen kaksosen hyödyntämisen mahdolliset ongelmat ja riskit?

Digitaalisen kaksosen ollessa vielä organisaatiotasolla kokonaisvaltaisen prosessien kehittämisen kannalta alkuvaiheissaan, huomioitiin sen implementointiin liittyviä riskejä ja ongelmia, joita yritysten tulee ottaa huomioon harkitessaan konseptin käyttöä. Työssä tunnistettiin ongelmiksi ja riskeiksi tietoturvalliset- ja eettiset riskit, tekniset ongelmat sekä ihmiskäyttämisen mallintamisen ongelma.

Suurien ja avointen datamassojen aikakautena myös ihmisoikeudelliset tekijät tulee ottaa huomioon datapohjaista palvelujen kehittämistä harjoittaessa. Kun riskit tiedostetaan, voidaan välttyä laillisilta ja maineellisilta vastoinkäymisiltä. Teknisillä ongelmilla työssä viitattiin olemassa olevien teknologioiden edistyneisyyden puutteeseen sekä ammattitaidollisen osaamisen korkeisiin vaatimuksiin konseptin onnistuneen hyödyntämisen kannalta. Ihmiskäyttämisen todettiin myös aiheuttavan ongelmia digitaalisen kaksosen simulaatiomallien luonnissa, sillä esimerkiksi ihmisten sosiaalisten tekijöiden sisällyttäminen tulkittavana ja ymmärrettävänä datana on hankalaa nykytekniikan varjossa.

Lisäksi työssä tutkimustuloksena havaittiin aukko kirjallisuudessa liittyen digitaalisen kaksosen käsittelyyn puhtaiden palvelualan prosessien kehittämisessä. Työ avaa aiheen jatkotutkimukselle erityisesti ihmiskeskeisten prosessien kehittämiseksi digitaalisen kaksosen sovellusmahdollisuuksia hyväksi käyttäen, sillä olemassa olevat tutkimuskohteet keskittyvät fyysisten tuotteiden valmistukseen, jossa ulostulot ja prosessit ovat helpommin toistettavissa ja ennakoitavissa. Jatkotutkimuksen merkityksellisyyttä tukee oletus siitä, että digitaalisella kaksosella on vielä olemassa merkittävästi suurempia potentiaalisia hyötyjä jokaisella toimialalla, kuin mitä nykypäivänä sen avulla on voitu realisoida.

7 LÄHTEET

Anthony, J. 2006. Six Sigma for service processes. *Business Process Management Journal*. Vol. 12, Nro. 2. s. 234-248.

Banaee, H., Klügl, F. & Loutfi, A. 2021. Challenges in Using Digital Twins for Modelling Human Behaviour in Environments. *Neuro-Cognitive Modeling of Humans and Environments*. Yokohama, Japan

BANDOIM, L. 25.9.2019. How CKE Restaurants Is Using Virtual Reality to Innovate. *Forbes*. [WWW-dokumentti]. [viitattu 10.4.2021]. Saatavissa: <https://www.forbes.com/sites/lanabandoim/2019/09/25/how-cke-restaurants-is-using-virtual-reality-to-innovate/?sh=6a74a1806cdd>

Banks, J., Carson II, J., Nelson, B. & Nicol, D. 2005. Discrete-Event System Simulation. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.

Bitner, M., Ostrom, A. & Morgan, F. N. 2008. Service Blueprinting: A Practical Technique for Service Innovation. *California Management Review*. Vol. 50, Nro. 3, s. 66 – 94.

Bobrik, R., Manfred, R. & Bauer, T. 2007. View-Based Process Visualization, Business Process Management. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. s. 88–95.

Boschert, S. and Rosen, R., 2016. Digital Twin - The Simulation Aspect. *Mechatronic Futures*. Cham: Springer International Publishing, s. 59-74.

Business Systems UK, 23.2.2021. How to measure productivity in the Back-Office. [WWW-Dokumentti]. [viitattu 25.4.2021]. Saatavilla: <https://www.businesssystemsuk.co.uk/advice-hub/how-to-measure-productivity-in-the-back-office/>

Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2007). Competing on analytics: The new science of winning. Boston, MA: Harvard Business School Publishing.

Downey, J. 21.12.2020. What Is Digital Twin Technology and How It Benefits Manufacturing In The Industry 4.0 Era? [WWW-Dokumentti]. [viitattu 18.4.2021]. Saatavilla: <https://slcontrols.com/what-is-digital-twin-technology-and-how-can-it-benefit-manufacturing/>

Ehrich, J. 26.7.2018. The 4 steps to build a Digital Twin — with Process Mining. [WWW-Dokumentti]. [viitattu 25.4.2021]. Saatavilla: <https://medium.com/lana-process-mining/the-4-steps-to-build-a-digital-twin-with-process-mining-271e9bd6bfc4>

Farsi, M., Daneshkhah, A., Hosseinian-Far, A. & Jahankhani, H. 2020. Digital Twin Technologies and Smart Cities. Cham: Springer International Publishing.

Fährlich, K.-P. & Meiren, T. 2007 Service Engineering: State of the Art and Future Trends, *Advances in Services Innovations*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. s. 3–16.

Fährlich K-P., Meiren T., Barth T., Hertweck A., Baumeister M., Demuß L., Gaiser B., Zerr K. 1999 Service Engineering. Ergebnisse einer empirischen Studie zum Stand der Dienstleistungsentwicklung in Deutschland. Stuttgart: IRB.

Gadrey, J. 2000. The characterization of goods and services: an alternative approach. *Review of Income and Wealth*. Vol. 46, Nro. 3, s. 369-387.

Gartner, 2018. *Market Guide for Technologies Supporting a DTO*.

George, M. L. 2003. Lean six sigma for service—Conquer complexity and achieve major cost reductions in less than a year. New York: McGraw-Hill.

Goldstein, S., Johnston, R., Duffy, J. A. & Rao, J. 2002. The Service Concept: The Missing Link in Service Design Research. *Journal of Operations Management*. Vol. 20, Nro. 2, s. 121-134.

Grieves, M. 2014. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication.

Grönroos, C. & Tillman, M. 2020. Palvelujen johtaminen ja markkinointi. Helsinki: Talentum.

Grönroos, C. 1990. Service management and marketing. MA: Lexington books Lexington.

Guo, H., Zhu, Y., Zhang, Y., Ren, Y., Chen, M., & Zhang, R. 2021. A digital twin-based layout optimization method for discrete manufacturing workshop. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 112, Nro. 5, s. 1307-1318.

Hamel G. & Prahalad C.K. 1994. Competing for the future. Boston: Harvard Business School Press.

Howard, E. 2019a. CKE Restaurants Tests and Implements Operational Process and Products Using Simio's Digital Twin Technology. [WWW-Dokumentti]. [viitattu 25.4.2020]. Saatavissa: <https://www.simio.com/resources/news-releases/2019/2019-11-05-CKE-Restaurant-Digital-Twin.php>

Howard, E. 2019b. Integrating Simulation and Digital Twin Technology in the Hospitality Industry. [WWW-Dokumentti]. [viitattu 25.4.2020]. Saatavissa: <https://www.simio.com/blog/2019/10/17/integrating-simulation-and-digital-twin-technology-in-the-hospitality-industry/>

Jaakkola, E., Orava, M. & Varjola, V. 2009. Palvelujen tuotteistamisesta kilpailuetua: opas yrityksille. 4. p. Helsinki: Tekes.

Johnston, R., Clark, G. & Shulver, M. 2012 Service operations management: improving service delivery. 4. p. Harlow: Pearson.

Kim, W. & Mauborgne, R. 2010. Sinisen meren strategia, Talentum: Helsinki

Korpelainen, K. & Lampikoski, K. 1997. Innovatiivisuus – muutosvoima. Juva: WSOY.

Kotler, P., Armstrong, G. & Opresnik, M.O. 2018. Principles of Marketing. Harlow, England: Pearson.

Laamanen, K. 2002. Johda liiketoimintaa prosessien verkkona – ideasta käytäntöön. 2. p. Helsinki: Laatukeskus

Lee, I. 2017. Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges. *Business horizons*, Vol. 60, Nro. 3, s. 293–303.

Lehtinen, U. & Niinimäki, S. 2005. Asiantuntijapalvelut: Tuotteistamisen ja markkinoinnin suunnittelu. WSOY: Helsinki.

Mager, B. & Gais, M. 2009. Service Design. Paderborn: Wilhelm Fink Verlag, s. 19–37.

Moritz, S. 2005. Service Design: Practical Access to An Evolving Field. Köln: Köln International School of Design.

Ojasalo J. & Ojasalo K. 2008. Kehitä teollisuuspalveluja. Helsinki: Talentum.

Oracle. 2017. Digital Twins for IoT Applications: A Comprehensive Approach to Implementing IoT Digital Twins. [WWW-Dokumentti]. [viitattu 28.3.2021]. Saatavilla: <http://www.oracle.com/us/solutions/internetofthings/digitaltwins-for-iot-apps-wp-3491953.pdf>

Panetta, K., 3.10.2017, Gartner Top 10 Strategic Technology Trends for 2018. [WWW-Dokumentti]. [viitattu 12.4.2021]. Saatavilla: www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2018/

Panetta, K., 18.10.2016, Gartner's Top 10 Strategic Technology Trends for 2017. [WWW-Dokumentti]. [viitattu 12.4.2021]. Saatavilla: www.gartner.com/smarterwithgartner/gartners-top-10-technology-trends-2017/

Parmar, R. & Leiponen, A. & Thomas, L.D.W. 2020. Building an organizational digital twin. *Business Horizons*, Vol. 63, Nro. 6, s. 725-736.

Pepper, M.P.J. & Spedding T.A. 2010. The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*. Vol 27, Nro. 2, s. 138-155.

Rasheed, A., San, O. and Kvamsdal, T., 2020. Digital Twin: Values, Challenges and Enablers From a Modeling Perspective. *IEEE Access*, Vol. 8, Nro. 1, s. 21980-22012.

Reason, B. & Løvlie, L. & Brand Flu, M. 2015. *Service Design for Business: A Practical Guide to Optimizing the Customer Experience*. Hoboken, N.J.: John Wiley Sons Inc.

Reinkemeyer, L. 2020 *Process Mining in Action: Principles, Use Cases and Outlook*. Cham: Springer International Publishing AG.

Rozinat, A. & Van Der Aalst, W. 2008. Conformance checking of processes based on monitoring real behavior. *Information Systems*, Vol. 31, Nro. 1, s. 64-95.

Sakao, T. & Lindahl, M. 2009. *Introduction to Product/Service-System Design*. London: Springer Publishing.

Schleich, B., Anwer, N., Mathieu, L. & Wartzack, S. 2017. Shaping the digital twin for design and production engineering. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 66, Nro. 1, s. 141-144.

Schroeder, G. N., Steinmetz, C., Pereira, C. E. & Espindola, D. B. (2016) Digital Twin Data Modeling with AutomationML and a Communication Methodology for Data Exchange. *IFAC-PapersOnLine*. Vol. 49, Nro. 30, s. 12–17.

Scurry, M. 13.1.2019. How Process Mining Enables the Digital Twin of an Organization (DTO). [WWW-Dokumentti]. [viitattu 25.4.2021]. Saatavilla:

<https://www.celonis.com/blog/how-process-mining-enables-the-digital-twin-of-an-organization-dto>

Shafto, M., Conroy, M., Doyle, R., Glaessgen, E., Kemp, C., LeMoigne, J., & Wang, L. 2012. Modeling, simulation, information technology & processing roadmap. National Aeronautics and Space Administration.

Siemens, 2020, The digital twin of performance in the automotive industry. [WWW-Dokumentti]. [viitattu 10.4.2021]. Saatavilla: <https://new.siemens.com/global/en/markets/automotive-manufacturing/digital-twin-performance.html>

Simula H., Lehtimäki, T., Salo, J. & Malinen, P. 2010. Uuden B2B-tuotteen menestyksekkäs kaupallistaminen, Helsinki: Teknologiaiinfo Teknova oy.

Stickdorn, M., Hormess, M.E., Lawrence, A. & Schneider, J., 2019. This Is Service Design Doing: Applying Service Design Thinking in the Real World. 8. p., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472: O'Reilly Media.

Tao, F., Zhang, H., Liu, A. and Nee, A.Y.C., 2019. Digital Twin in Industry: State-of-the-Art. *IEEE transactions on industrial informatics*. Vol. 15, Nro. 4, s. 2405-2415

Tao, F. et al. 2018. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *International journal of advanced manufacturing technology*. Vol. 94, Nro. 9, s. 3563–3576.

Tao, F., Cheng, J., QI, Q., Zhang, M., Zhang, H. & Sui, F., 2017. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. **94**, Nro. 1, s. 3563–3576.

Tuegel, E.J., Ingrassia, A.R., Eason, T.G. & Spottswood, S.M., 2011. Reengineering Aircraft Structural Life Prediction Using a Digital Twin. *International Journal of Aerospace Engineering*. Vol. 2011, Nro. 1, s. 1-14.

Tuominen, T., Järvi, K., Lehtonen, M.H., Valtanen, J. & Martinsuo, M., 2015. Palvelujen tuotteistamisen käsikirja: Osallistavia menetelmiä palvelujen kehittämiseen.

Turner, C. J., Tiwari, A., Olaiya, R., & Xu, Y., 2012. Process mining: From theory to practice. *Business Process Management Journal*, Vol. 18, Nro. 3, s. 493–512.

Tuulaniemi, J. 2011. *Palvelumuotoilu*. Helsinki: Talentum.

Uhlemann, T.H.J., Schock, C., Lehmann, C., Freiburger, S. & Steinhilper, R. 2017. The Digital Twin: Demonstrating the potential of real time data acquisition in production systems. *Procedia Manufacturing*, Vol 9, Nro. 1, s. 113-120.

Van Der Aalst, W. 2016. *Process Mining Data Science in Action*. 2. p. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Van Der Aalst, W. 2012. Process mining. *Communications of the ACM*, Vol. 55, Nro. 8, s. 76-83.

Van Der Aalst, W., Adriansyah, A., De Medeiros, Ana Karla Alves, Arcieri, F., Baier, T., Blickle, T., Bose, J.C., Van Den Brand, P., Brandtjen, R. and Buijs, J. 2011. Process mining manifesto, *International Conference on Business Process Management 2011*, Springer, s. 169-194.

Vanderhorn, E. and Mahadevan, S. 2020. Digital Twin: Generalization, characterization and implementation. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. Vol. 145, Nro. 1, s. 113524

Yalley, A. A., Sekhon, H. 2014. Service production process: implications for service productivity. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 63, Nro. 8. s. 1012-1030.

Haosheng Zou, Hang Su, Shihong Song, and Jun Zhu. Understanding human behaviors in crowds by imitating the decision-making process. *ThirtySecond AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2018.