



# Høgskulen på Vestlandet

## MSB210 Masteroppgave

MSB210-O-2022-VÅR-FLOWassign

### Predefinert informasjon

<b>Startdato:</b>	06-05-2022 12:00	<b>Termin:</b>	2022 VÅR
<b>Sluttdato:</b>	20-05-2022 14:00	<b>Vurderingsform:</b>	Norsk 6-trinns skala (A-F)
<b>Eksamensform:</b>	Masteoppgave		
<b>Flowkode:</b>	203 MSB210 1 O 2022 VÅR		
<b>Intern sensor:</b>	(Anonymisert)		

### Deltaker

<b>Naun:</b>	Mathias Flo
<b>Kandidatnr.:</b>	453
<b>HVL-id:</b>	161226@hul.no

### Informasjon fra deltaker

<b>Antall ord *:</b>	21806
----------------------	-------

Sett hake dersom Nei  
besvarelsen kan brukes  
som eksempel i  
undervisning?:

Egenerklæring \*: Ja  
Inneholder besvarelsen Nei  
konfidensielt  
materiale?:

Jeg bekrefter at jeg har Ja  
registrert  
oppgavetittelen på  
norsk og engelsk i  
StudentWeb og vet at  
denne vil stå på  
vitnemålet mitt \*:

Jeg godkjenner autalen om publisering av masteroppgaven min \*

Ja

Er masteroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? \*

Nei

Er masteroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? \*

Nei



Høgskulen  
på Vestlandet

# MASTEROPPGAVE

Fremskyndelse av teknologiadopsjon ved hjelp av  
simulering

Expediting Technology Adoption through Simulation

**Mathias Flo**

Master of Science in Business

Fakultet for økonomi og samfunnsvitenskap

Institutt for økonomi og administrasjon

Veileder: Veronika Trengereid

Innleveringsdato: 03.06.2022

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.

## Forord

Denne avhandlingen representerer den avsluttende delen av studieløpet mitt på masterprogrammet Master of Science in Business ved HVL Sogndal.

Valget av tema kom som et resultat av en genuin interesse for innovasjon og teknologi. De siste årene har inntoget av industri 4.0 for alvor begynt å sette spor, både i form av å utvide mulighetsområdene for bedrifter, men også ved å tilspisse konkurransesituasjonen. Denne kombinasjonen gjorde industri 4.0 og dens implikasjoner til et svært innbydende felt å utføre forskning på. Da jeg samtidig hadde en arbeidsgiver i Rocketfarm, som satte meg i kontakt med en svært faglig interessert og samarbeidsvillig informant, var det veldig motiverende å sette i gang arbeidet.

Til tross for enkelte perioder der skrivingen har komt i andrerække på grunn av travle dager, ser jeg tilbake på prosessen med stor glede. Det har vært en lærerik reise som har gitt meg muligheten til å avsette tid til å studere et felt jeg knytter stor interesse til.

Veilederen min, Veronika Trengereid, har gjort en formidabel jobb som fagekspert og sparringspartner, takk for det. I tillegg vil jeg takke fagsjef for automatisering og robotisering i Nortura for å sette av tid til å bidra form av informasjonsdeling og faglig diskusjon i forbindelse med denne avhandlingen.

Til slutt vil jeg rette en stor takk til samboeren min, som har vært tålmodig og hjelpsom i en hektisk periode. Av de samme grunnene vil jeg takke familien ellers som har hatt glede av å ta seg av barnepass.

## Sammendrag

Formålet med denne avhandlingen er å bidra til å øke kunnskap om hvordan digital tvilling- og simuleringsteknologi kan påvirke beslutningsprosessen knyttet til adopsjon av Industri 4.0-teknologi. Gjennom industri 4.0 og dens implikasjoner har bedrifter kommet til et punkt der de må velge en tilnærming de stadige teknologiske fremskrittene. Tilnærmingen de velger vil være med på å prege konkurransesituasjonen til den enkelte bedrift.

For å besvare problemstillingen i denne oppgaven, studeres bruken av et digital tvilling-basert simuleringstøytøy i forbindelse med beslutning knyttet til adopsjon av en aktuell industri 4.0-teknologi. Oppgavens empiriske bidrag baserer seg på en casestudie der to relevante bedrifter (produksjonsbedrift og teknologibedrift) med ulike roller i forbindelse med teknologiadopsjon, blir studert for å undersøke fenomenet nærmere. Bakgrunnen for valget av disse bedriftene ligger i posisjonen de to bedriftene har i forbindelse med den teknologiske transformasjonsfasen produksjonsindustrien i dag er preget av. Begge disse aktørene spiller en sentral rolle i forbindelse med teknologiadopsjon. Der teknologibedriften utvikler løsninger som skal legge til rette for adopsjon, skal produksjonsbedriften på sin side navigere seg frem til den teknologien som på best mulig vis dekker deres behov. Derfor, ved å gjøre metodologiske valg som legger til rette for det, skal kunnskapen som etableres i denne oppgaven primært tjene to formål: utvikle dybdekunnskap knyttet til bruken av simuleringstøytøy i forbindelse med adopsjonsbeslutninger og bidra til problemløsning ved hjelp av samarbeid.

*Nøkkelord: industri 4.0, innovasjon, digital tvilling, simulering, teknologiadopsjon, automatisering og digitalisering*

## Abstract

The purpose of this dissertation is to help increase knowledge about how digital twin and simulation technology can influence the decision-making process associated with the adoption of Industry 4.0 technology. Through industry 4.0 and its implications, companies have reached a point where they must choose an approach to the constant technological advances. The approach they choose will shape the competitive situation of the individual company.

This thesis studies the use of a digital twin-based simulation tool in connection with decision-making related to the adoption of a relevant industry 4.0 technology. The empirical contribution of the thesis is based on a case study in which two relevant companies (manufacturing company and technology company) with different roles in connection with technology adoption, are studied to further investigate the phenomenon. The reason behind the choice of these companies lies in the position the two respective companies have in connection with the technological transformation phase the manufacturing industry is currently undergoing. Both companies play a key role in technology adoption. Where the technology company develops solutions that will facilitate adoption, the manufacturing company, in turn, must navigate to find the technology that fits their needs. Therefore, by making methodological choices that facilitate it, the knowledge established in this thesis will primarily serve two purposes: develop in-depth knowledge related to the use of simulation tools in connection with adoption decisions and contribute to problem solving through collaboration.

*Keywords: industry 4.0, innovation, digital twin, simulation, technology adoption, automation, and digitization*

## Definisjonsliste

**Industri 4.0 definisjon:** Den fjerde industrielle revolusjon, også kalt Industri 4.0, omhandler enkelt forklart den økende graden av fysiske og digitale sammenkoblinger gjennom ny teknologi. Industri 4.0 preges blant annet av økt digitalisering, automatisering og robotisering som skal bidra til økt produktivitet og effektivitet, samt legge til rette for økt verdiskaping og innovasjon gjennom sammenkoblede teknologier. Selv om begrepet vekker stadig mer praktisk og akademisk interesse, er det enda ikke blitt utformet en definisjon med universell konsensus (Rupp et al., 2021).

**Cobot:** *«The expression "Cobot" is short for collaborative robot. It is a robot designed to collaborate with humans. The cobot is therefore forced to operate within certain parameters to be allowed to work in the same area as humans, this is maximum speed, safety measures and human supervision.»* (Rocketfarm, u.å.a)

**Digital Tvilling:** *«Digital Tvilling (DT) er definert som en virtuell representasjon av en fysisk virkelighet gjort mulig gjennom data og simulatorer for sanntidsberegninger, optimalisering, overvåking, kontroll og forbedret beslutningsstøtte.»* (SINTEF, u.å.c). DT kan i henhold til definisjonen brukes av industribedrifter ved beslutningstaking. Dette kan i praksis innebære en visualisering av en ny maskin de ønsker å investere i. Ved å bruke et slikt verktøy kan man se hvordan maskinen ville fungert i fabrikk, uten å måtte installere maskinvaren i selve lokalet, noe som betyr reduserte kostnader for bedriften.

**Simulering:** *«Simulering innebærer at man lar en modell spille seg ut for å danne seg et bilde av hvor realistisk den virker, og slik få et grunnlag for forutsigelser. Man kan også utføre virkningsberegninger ved å se på ulike konsekvenser ved innføring av forskjellige betingelser.»* (Skirbekk, 2021)

**Big Data (stordata):** *«Løsninger som gjør data om til kunnskap og skaper kommersielle verdier.»* (SINTEF, u.å.b)

**OPC UA:** *«OPC UA (Open Platform Unified Architecture) is a service-oriented machine-to-machine communication protocol mainly used in industrial automation.»* (Profanter et al., 2019). Blant formålene med bruk av OPC UA er å danne en plattformuavhengig kommunikasjonsprotokoll ved å bruke en informasjonsmodell for å beskrive overført data (Profanter et al., 2019). Den fleksible teknologien knytter systemer og maskiner sammen, og

er av den grunn en sentral brikke i arbeidet med å legge til rette for adopsjon av Industri 4.0-teknologi.

**Automatisering:** «*Automatisering og robotisering brukes innen mange områder for å øke produktivitet og løse oppgaver som ikke er egnet for manuelt arbeid.*» (SINTEF, u.å.a)

**Digitalisering:** «*Digitalisering er å bruke teknologi til å forbedre, forenkle og fornye. Det handler om å tilby nye og bedre tjenester som legger til rette for økt verdiskaping og innovasjon. Digitalisering er den digitale transformasjonen samfunnet og økonomien står overfor.*» (SINTEF, u.å.d)



# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>I</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>II</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>III</b>
<b>Definisjonsliste</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>1</b>
1.1 Innledning .....	1
1.2 Problemstilling .....	2
1.3 Avgrensning av oppgaven.....	3
1.4 Oppgavens struktur .....	3
<b>2 Teorigrunnlag</b> .....	<b>5</b>
2.1 Digitalisering- og automatiseringsprosessen.....	5
2.1.1 Advanced Manufacturing Technology (AMT): .....	5
2.2 Teknologiadopsjon.....	6
2.2.1 Adopsjon av cobots.....	9
2.2.2 Muliggjørende teknologier i Industri 4.0 .....	12
2.3 Muligheter og barrierer .....	14
2.3.1 Modenhets- og klarhetsmodeller .....	14
2.4 Digital tvilling.....	15
<b>3 Metode</b> .....	<b>19</b>
3.1 Aksjonsforskning .....	19
3.1.1 Prosjektets faser .....	20
3.2 Forskningsdesign .....	24
3.3 Forskningsstrategi .....	24
3.4 Datainnsamling .....	25
3.4.1 Intervjuer .....	25
3.4.2 Deltagende observasjon .....	27
3.4.3 Simuleringsdata .....	27

3.5 Analyse .....	28
3.6 Etske betraktninger.....	30
3.7 Kvaliteten på studien .....	30
<b>4 Case.....</b>	<b>33</b>
4.1 Bedriftspresentasjon.....	33
4.1.1 Historien bak Nortura – Rocketfarm-samarbeidet .....	33
4.2 Prosjektet.....	35
4.3 Stegene i simuleringsproduksjonen .....	36
<b>5 Analyse.....</b>	<b>37</b>
5.1 Bakgrunn og forarbeid.....	37
5.2 Utarbeiding og gjennomføring av simulering.....	42
5.3 Vurdering av prosessen.....	45
<b>6 Drøfting .....</b>	<b>48</b>
<b>7 Konklusjon.....</b>	<b>54</b>
7.1 Studiens begrensninger .....	56
7.2 Forslag til videre forskning.....	56
<b>Referanseliste.....</b>	<b>57</b>
<b>Vedlegg 1: Informert samtykke</b>	
<b>Vedlegg 2: Intervjuguide 1</b>	
<b>Vedlegg 3: Intervjuguide 2</b>	

# 1 Introduksjon

## 1.1 Innledning

Den fjerde industrielle revolusjonen kjennetegnes ved økende grad av automatisering og digitalisering i industrien. Gjennom teknologiadopsjon skal produksjonsbedrifter ta i bruk det ferskeste teknologiproducentene har å by på. Målet er blant annet å øke effektivitet, produktivitet, fleksibilitet og å oppnå andre operasjonelle fordeler gjennom implementering av teknologiske løsninger (Adamik & Nowicki, 2018; Cheng et al., 2018, Sjödin et al., 2018). Dette er momenter som vil prege produksjonsbedrifter i overskuelig fremtid.

*«The fourth industrial revolution promises to change the manufacturing landscape, and those who are not able to reap the new technology-induced opportunities are destined to fall behind their competitors»* (Buer et al., 2021, s. 11)

De teknologiske endringene som i dag legger føringer for industribedrifter er uunngåelige og må derfor ikke fryktes, men omfavnes. Basert på industri 4.0s implikasjoner for konkurransesituasjonen (Buer et al., 2021), er det nødvendig for alle aktører å ha et bevisst forhold til egen praksis i forbindelse med teknologiadopsjon. Samtidig skal det understrekes at investeringer i avansert produksjonsteknologi, må gjøres i samsvar med bedriftens langsiktige strategi, ettersom ulike investeringsmønstre kan gi ulike ytelsesgevinster (Cheng et al., 2018). Skal produksjonsbedrifter forbli konkurransedyktige er de derfor avhengige av å innovere fabrikkdriften i tråd med bedriftens langsiktige visjoner.

I den forbindelse er det relevant å trekke frem et enkelt, men likefullt sentralt budskap fra en av de mest innflytelsesrike teknologiinnovatørene gjennom tidene:

*“Continued innovation is the best way to beat the competition.”* - Thomas A. Edison, u.å.

Ut fra dette er det relevant å kartlegge hva som hindrer adopsjon av ny teknologi og belyse hvordan disse hindringene kan overkommes ved hjelp av moderne teknologiske verktøy. I tidligere forskning har adopsjonskostnad, organisatoriske endringer, kompetansekrav, kunnskapsmangel og mangel på teknologisk forståelse blitt trukket frem som opplevde barrierer (Moore, 2017). I tillegg er det ulike faktorer som påvirker bedriftenes forutsetninger for adopsjon av teknologi. Andre aspekter er vurderinger knyttet til investeringen og den aktuelle teknologiens egnethet, som alltid må betraktes ved adopsjonsbeslutninger.

Vurderinger som dette kan være tidkrevende ettersom det kreves at beslutningstaker har tilgang på relevant informasjon, kjennskap til de aktuelle teknologiene og at investeringen kan rettferdiggjøres økonomisk (Stornelli et al., 2021). Det vil derfor være sentralt å se på hvordan tidsbruken i denne beslutningsfasen kan kortes ned. I den forbindelse har West et al. (2021) lansert visualisering som et effektivt virkemiddel for å fremskynde adopsjon. Således er dette et sentralt tema å undersøke videre.

Formålet med studien er å bidra til å øke kunnskap om hvordan digital tvilling- og simuleringsteknologi kan påvirke beslutningsprosessen knyttet til adopsjon av Industri 4.0-teknologi. Dette skal undersøkes ved å kartlegge hvordan digital tvilling kan bidra til å heve beslutningsgrunnlaget for adopsjon. Gjennom denne oppgaven vil det i hovedsak settes fokus på hvordan digitale tvillinger, gjennom visualisering og data output generert av Rocketfarms digitale tvilling-baserte simuleringsverktøy kan bidra til å øke beslutningsgrunnlaget ved adopsjon av cobots til bruk ved pallettering.

## 1.2 Problemstilling

På bakgrunn av momentene ovenfor, har jeg formulert følgende problemstilling:

*«Hvordan kan teknologiadopsjon fremskyndes ved hjelp av et digital tvilling-basert simuleringsverktøy?»*

Med teknologiadopsjon menes i denne sammenheng det å ta i bruk nye teknologier for å tjene operasjonelle formål (Stornelli et al., 2021). I forkant av teknologiadopsjoner kan det i mange tilfeller være krevende for beslutningstakere å danne et oversiktlig beslutningsgrunnlag. Blant verktøy som potensielt kan heve grunnlaget gjennom informasjonsinnhenting, er virtuelle representasjoner som kan fungere som beslutningsstøtte gjennom optimalisering og verifisering i forkant av eventuelle investeringer. Terminologien for dette er digital tvilling (Liu et al., 2021). Gjennom digitale tvillinger kan beslutningstaker gjennom simulering danne seg et bilde av hvordan den aktuelle teknologien fungerer i praksis. Simulering handler om å la en modell utspille seg, for å se hvordan den fungerer, og på den måten danne et grunnlag for forutsigelser (Skirbekk, 2021).

### 1.3 Avgrensning av oppgaven

Problemstillingen skal belyses gjennom simuleringer for Nortura, som er i en teknologiadopsjonsprosess. Simuleringer har det siste året inngått som en av mine arbeidsoppgaver hos Rocketfarm, og jeg har således god kjennskap til bruken av dette.

Oppgaven tar utgangspunkt i relevant innovasjonsteori, med hovedvekt på litteratur knyttet til Industri 4.0-teknologi og teknologiadopsjon. Den vil begynne med et bredere fokus, for så å snevres inn til å gjelde adopsjon av cobots. For å undersøke problemstillingen er det blitt gjennomført en casestudie der en nøkkelaktør i forbindelse med teknologiadopsjon hos Nortura har blitt intervjuet i to omganger. Med intensjon om å heve det empiriske grunnlaget, ble informanten introdusert for Rocketfarms simuleringsverktøy og det ble gjennomført seks forskjellige simuleringer av et utvalg produkter. For å rette ekstra fokus på effekten av moderne simuleringsteknologi i forbindelse med beslutningstaking, fant intervjuene sted i forkant og etterkant av simuleringene.

Av hensyn til omfang og kompleksitet, tas det forbehold om at ikke alle elementene ved simuleringsverktøyets arkitektur og anvendelse kommer frem. I oppgaven vil det likevel forekomme en del teknisk terminologi, som blir brukt for å belyse ulike faktorer relevante i forbindelse med adopsjonsbeslutninger.

### 1.4 Oppgavens struktur

Før jeg går videre i prosjektet, vil jeg gi en kort oversikt over hva de enkelte kapitlene inneholder og rekkefølgen de enkelte delene av rapporten er bygget opp etter.

Kapittel 2 presenterer studiens teoretiske rammeverk. Her blir relevante begreper definert og aktuell litteratur presentert. Deretter blir de metodiske valgene gjort rede for i kapittel 3. I denne delen fremheves sentrale vurderinger gjort i forbindelse med datainnsamling og gjennomføring av studien, samtidig blir de etiske aspektene ved studien betraktet. Kapittel 4 inneholder en beskrivelse og gjennomgang av caset. Dette kapitlet forklarer bakgrunnen for studien. Den bakenforliggende historien mellom de to bedriftene og stegene i simuleringsproduksjonen legges også frem. I kapittel 5 blir dataen analysert. Her kommer det frem hvordan dataen ble kategorisert og hva som ligger til grunn for kategoriseringen. Videre bringes de ulike delene av oppgaven sammen i drøftingen i kapittel 6. I denne delen belyses

funnene ved hjelp av teori. Avslutningsvis vil kapittel 7 inneholde en konklusjon der problemstillingen blir besvart basert på hovedfunnene gjort i studien.

## 2 Teorigrunnlag

Kapitlet som følger legger frem teorigrunnlaget studien min er basert på. For å få oversikt over hva som driver den teknologiske transformasjonen under industri 4.0, settes det her fokus på overordnet teori.

### 2.1 Digitalisering- og automatiseringsprosessen

Forskningsinstituttet SINTEF beskriver digitalisering som forenkling, fornyelse og forbedring gjennom bruk av teknologi (SINTEF, u.å.d). Formålet er at dette skal resultere i innovasjon og økt verdiskaping gjennom utforming av nye og bedre tjenester. De legger også vekt på hvordan automatisering og robotisering kan bidra gjennom økt produktivitet og ved å løse oppgaver uegnet for mennesker.

Som man ser av forklaringene brukes begrepene automatisering, robotisering og digitalisering for å beskrive hvordan teknologien kan bidra til å effektivisere prosesser og øke verdiskaping. I en verden hvor den teknologiske transformasjonen skjer i stort tempo, er det naturlig at de aller fleste bedrifter før eller siden må ta investeringsbeslutninger knyttet til moderne teknologi som gjør det mulig å oppnå disse fordelene.

#### 2.1.1 Advanced Manufacturing Technology (AMT):

Europakommisjonen definerer på sine hjemmesider avansert produksjonsteknologi (AMT) på følgende vis: «*Advanced manufacturing technology encompass the use of innovative technology to improve products or processes that drive innovation.*» (European Comission, u.å.) Ifølge Hofmann & Orr (2005) skaper AMT fordeler for organisasjoner blant annet gjennom tidsbesparelse, fleksibilitet, maskinutnyttelse og kostnadsreduksjon. Dette fører til gunstige operasjonelle og konkurransemessige effekter. Samtidig påpeker Cheng et al. (2018) at stadig teknologisk utvikling og forståelse for egne forretningsmål er viktig før investering i AMT, ettersom ulike investeringsmønstre kan resultere i ulike ytelsesgevinster. Det understrekes at ledere må ha et lengre perspektiv i forbindelse med investeringer i AMT, da forbedringer i operasjonell ytelse først kommer etter en tid med moderate investeringer i teknologien. Fordelene kommer først etter å ha investert, implementert og lært å jobbe med AMT (Cheng et al., 2018). Basert på dette er det nærliggende å forstå kontinuerlige

investeringer i moderne teknologi som en forutsetning for operasjonell konkurransedyktighet på sikt.

Et annet element som påvirker adopsjon av AMT, er graden av investeringer organisasjonen allerede har gjort i teknologien. Ledere må se hvordan teknologien kan forbedre situasjonen organisasjonen allerede befinner seg i. Ifølge Cheng et al. (2018) vil de som allerede har kommet opp på et moderat nivå av investeringer i AMT, oppleve flere fordeler ved en investering enn de på et lavere nivå.

*«As technologies advance at faster rates, managers have to understand the situations they face, position their companies correctly in terms of AMT usage, and follow the incremental approaches ... to make proper investments in AMTs.» - (Cheng et al., 2018, s.252)*

Poengene til Cheng et al. (2018) blir også fremhevet av andre. Den teknologiske utviklingshastigheten gjør at organisasjoner sliter med å holde følge, noe som resulterer i at deler av produksjonsområdene er oppdaterte, mens andre ikke er det. Dette fører til at deler av produksjonen er sammenknyttet, mens andre deler ikke er det. Da får man et «gap» i utstyrsparken som betyr at systemene ikke er sammenknyttet, et resultat som strider mot det Sjödin et al. (2018) omtaler som fundamentet for smart factory implementation, nemlig sammenknyttede teknologier. Momentene presentert av Sjödin et al. (2018) og Cheng et al. (2018) antyder at bedrifter med velutviklede teknologiporteføljer vil ha bedre forutsetninger for å oppnå gunstige effekter fra investeringer i teknologi.

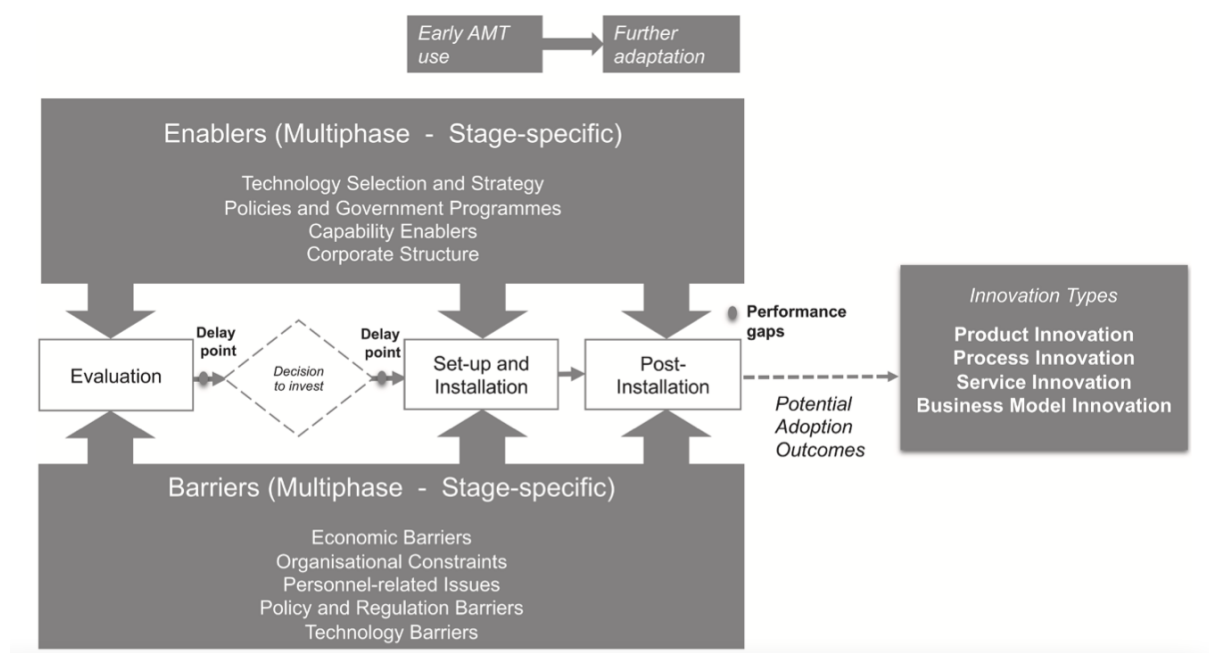
Industri 4.0 endrer spillereglene for aktører i produksjonsindustri, og aktørene som evner å tilpasse seg de nye forholdene på best mulig vis vil få et betydelig konkurransefortrinn (Buer et al., 2021). Dette underbygges av operasjonelle fordeler som kan oppnås gjennom moderne teknologier. Aktører som utnytter relevante verktøy kan blant annet vente seg fordeler som økt operasjonell produktivitet, i tillegg til reduksjoner i maskinell nedetid og vedlikeholdskostnader (Adamik & Nowicki, 2018). På bakgrunn av fordelene AMT medfører, er det relevant å se hva som ligger bak teknologiadopsjon.

## **2.2 Teknologiadopsjon**

Beslutningsprosessen som finner sted i forkant av investering i teknologi er kompleks,



samtidig kan riktige avgjørelser resultere i betydelige konkurransemessige og operasjonelle fordeler (Hofmann & Orr, 2005). Viktigheten av å forbedre AMT-adopsjon er allmenn kjent (Stornelli et al., 2021), men litteraturen har i liten grad kartlagt konkret hvilke barrierer og muligheter som eksisterer i forbindelse med adopsjon av AMT. I et forsøk på å skape en oversikt over «Barriers» og «Enablers», la Stornelli et al. (2021) frem en modell som illustrerte hvordan disse påvirker prosessen fra evaluering til installasjon, og til installasjonen er gjennomført.



**Figur 1: Synthesis of findings and literature mapping**

Hentet fra Stornelli et al. (2021)

Av modellen kommer det frem at barrierer og muliggjørende elementer påvirker de ulike stegene i forkant av adopsjon. Basert på modellen til Stornelli et al. (2021), ser man sammenhengen mellom de ulike elementene som ligger til grunn for adopsjon av avansert produksjonsteknologi. På den ene siden har man muliggjørende elementer som legger forholdene til rette for adopsjon, mens det på den andre siden er barrierer som gjør adopsjon utfordrende. I evalueringsfasen blir fordeler og ulemper vurdert opp mot risikoen forbundet med adopsjon av den aktuelle innovasjonen, basert på den tilgjengelige informasjonen. Deretter følger en installasjonsfase, der de nødvendige forberedelsene og gjennomføring av selve installasjonen blir gjort, og til slutt en etterinstallasjonsfase med gjennomføring av nødvendige tilpasninger. De muliggjørende elementene og barrierene påvirker i ulik grad de tre fasene. I evalueringsfasen er høy økonomisk kostnad, mangel på rettferdiggjørelse og

mangel på informasjon alle sentrale barrierer. Til gjengjeld påvirkes denne fasen positivt av konkurransemessige prioriteringer i produksjonen og støtte fra ledelsen gjennom prosjektets levetid.

Det kom også frem hvordan adopsjonsutfallene videre kan resultere i de ulike innovasjonstypene: produkt-, prosess-, service-, og forretningsmodellinnovasjon. Gjennom Industri 4.0 kommer det stadig nye teknologier som endrer forutsetninger for hvordan verdiskaping kan oppnås. Det er blant annet mye oppmerksomhet rundt hvordan adopsjon av innovativ, muliggjørende teknologi på ulike måter bidrar til å forbedre prosesser i industrien. Omforminger som dette omtales som prosessinnovasjon (Davenport, 1993). Sandven (2007) understrekes at den gjeldende prosessen ikke nødvendigvis skal representere en innovasjon for det øvrige markedet, men først og fremst innovasjon for bedriften selv. Det finnes mange bakenforliggende årsaker til at bedrifter ser på mulighetene for prosessinnovasjon. Med den økende graden av digitalisering som de siste årene har ført til store endringer i markedet, er det sannsynlig at prosessinnovasjoner vil være høyst aktuelle også i kommende år.

Et av hovedargumentene som hyppig nevnes i forbindelse med digitalisering er økt produktivitet. Som en følge av den hurtige teknologiske utviklingen vi i dag ser i næringslivet, må stadig flere bedrifter på tvers av ulike bransjer gjennomføre teknologiadopsjon for å nå ønsket grad av automatisering. Sammen med økt digital kompetanse trekker regjeringen frem automatiseringens endring av produksjonsprosesser som en av de positive konsekvensene av koronapandemien (Meld. St. 14 (2020–2021)). Fra et næringspolitisk perspektiv fremheves det blant annet hvordan verdiskaping fordrer en velfungerende konkurransesituasjon. Dette vil være med på å endre kravene som stilles til produsentene. Egg- og kjøttmarkedet preges også av dette. I et innlegg fra 2020 understreker konsernsjef i Nortura, Anne Marit Panengstuen, at også de ser på mulighetene for å skaffe marginer (Panengstuen, 2020). I den forbindelse bruker hun ord som revitalisert, lønnsomt og bærekraftig i beskrivelsen av Norturas visjon om egen fremtid. Panengstuen forteller at Nortura ønsker å styrke sin posisjon i daglig- og råvaremarkedet, gjennom effektivisering av industrien for å styrke egen konkurransekraft. Spesielt trekker hun frem effektiviseringstiltak knyttet til struktur og kapasitetsutnyttelse. Samtidig da de venter at den tilspissede konkurransesituasjon vil tilta frem mot 2025. Hovedelementene er altså knyttet til økonomiske og konkurransemessige aspekter som sammen vil være viktige for å opprettholde posisjonen som Norges ledende egg- og kjøttleverandør.

Et annen relevant aspekt ved automatisering er HMS. Gjennom investering i ny teknologi kan arbeidsoppgaver som anses som Dull, Dirty, Dangerous og Dear, også kjent som de fire D-ene innen robotisering, bli gjort av maskiner fremfor mennesker. Oppgaver som er repetitive, farlige eller av andre grunner kan anses som upassende for mennesker, vil dermed bli overlatt til teknologien. Da vil det naturligvis bli mindre behov for menneskelig arbeidskraft i stillinger som faller inn under de kategoriene. Følgelig vil det oppstå en endring i kompetansebehov. I et bredere perspektiv vil kognitive, etiske, kritiske, digitale, sosiale og emosjonelle ferdigheter være etterspurt i fremtiden (NOU, 2020: 2). På individuelt nivå underbygger dette viktigheten av å være omstillingsdyktig for å tilpasse seg et arbeidsliv i stadig endring. Omstillingsdyktighet vil i aller høyeste grad også være relevant på et organisatorisk nivå, noe koronapandemien ble et synlig bevis på. Pandemien ble en katalysator for digitalisering og stadig flere så nytten av å adoptere teknologi som gjorde det mulig å opprettholde tilnærmet normal drift. Denne fasen stilte ikke bare krav til organisasjonene, men også til den enkelte arbeidstaker som fikk en ny hverdag å tilpasse seg til. Forskning viser også at det eksisterer en sammenheng mellom alder og digital kompetanse (Aspøy & Andersen, 2015). Dette er i tråd med funnene til Simões et al. (2020), som belyste sammenhengen mellom gjennomsnittsalder på de ansatte og intensjoner om teknologiadopsjon.

### 2.2.1 Adopsjon av cobots

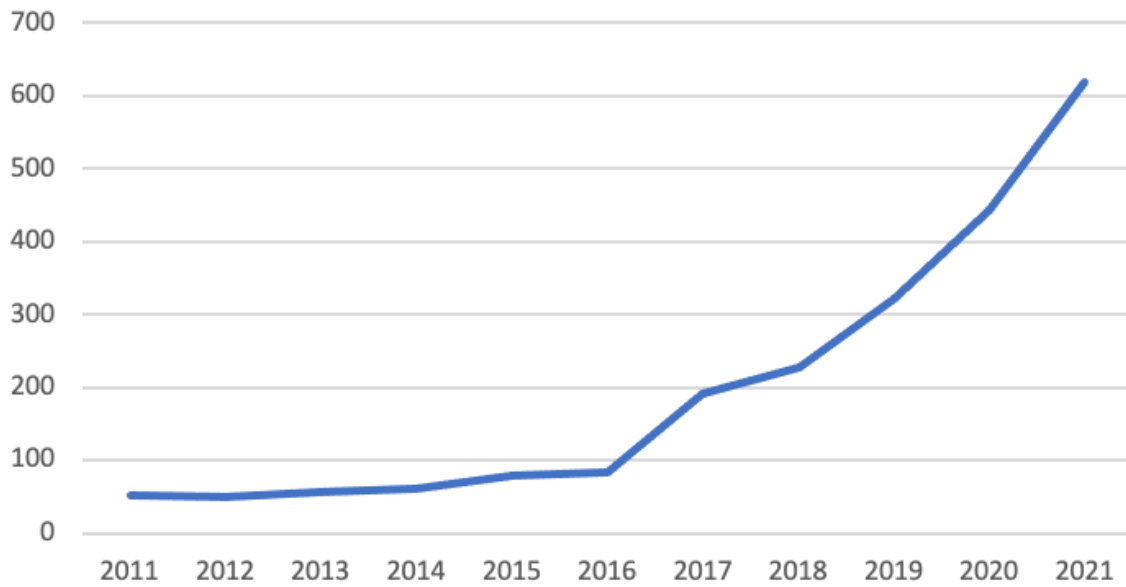
Adopsjon av cobots gjennomføres hovedsakelig for å tjene ergonomiske og produktivetsmessige formål (Kildal et al., 2018). Ved fremtidens fabrikk er interaksjon mellom mennesker og roboter sentralt, og i den forbindelse rettes fokuset mot maskiner som kan operere i slike miljø på en effektiv og trygg måte. Cobots blir blant annet brukt til å utføre repetitive oppgaver i industrien. Et eksempel på det er palletering fra pakkelinjer til paller. De siste årene har interessen for cobots økt blitt en hurtigvoksende sektor i markedet (Goldberg, 2019). Dette reflekterer hvordan aktører i stadig økende grad, i takt fremmarsjen av Industri 4.0, søker hjelpemidler som automatiserer prosesser langs verdikjeden. Fordelene med cobots er at de er forholdsvis enkle å sette opp og ta i bruk, i tillegg til at de er velegnet for interaksjon mellom menneske og robot. Dette gjør de til en populær investering for mange aktører i produksjonsindustri. I tillegg er de kompatible med muliggjørende teknologier som for eksempel OPC UA, som er gunstig med tanke på å realisere det operasjonelle potensialet

til organisasjonen. Gjennom menneske-robot-interaksjon og tilrettelegging for stordataanalyse, er cobots et eksempel på hvordan bedrifter kan legge forholdene til rette for optimalisering av den operasjonelle driften, gjennom investering i moderne teknologi.

*«Despite enormous progress in robot sensing, learning and control, robots cannot fully replace the unique perception and communication skills of humans.»* (Goldberg, 2019, s. 4).

Til tross for fordelene med cobots, kan den som Golberg (2019) påpeker, ikke fullt ut erstatte menneskelig arbeidskraft. Likevel ser vi økt akademisk interesse knyttet til cobots. I en europeisk studie fra 2020 fremheves faktorer som påvirker lederes adopsjonsintensjoner knyttet til cobots (Simões et al., 2020). Faktorene kategoriseres som interne, eksterne og teknologiske. Her kommer det frem at prosjektledelse, støtte fra toppledelsen, IT-kompetanse, samt bedrifters evne til å støtte nye idéer er de interne faktorene med størst påvirkning. Av de eksterne faktorene er leverandører, konkurrenter, finansieringsbyråer og kunder blant de mest sentrale. Når det kommer til det teknologiske aspektet er det i hovedsak økonomiske analyser og produktegenskaper som kompatibilitet, kompleksitet, portabilitet, i tillegg til brukerstøtte som vektlegges. Studier som dette reflekterer den økende interessen for cobots til bruk i industriell palletering. Et litteratursøk på Web of Science bekrefter også at den akademiske interessen for cobots stiger i takt med fremveksten av industri 4.0-forskning.

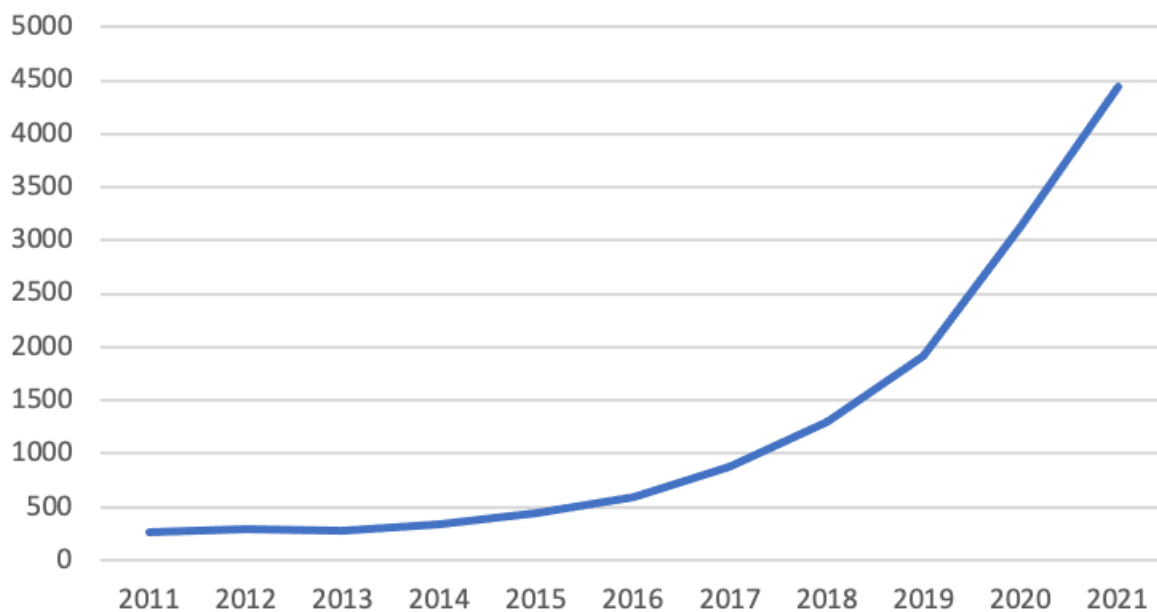
### Antall publikasjoner 'collaborative robots'



**Figur 2:** *Antall publikasjoner 'collaborative robots'*

Data hentet fra Web of Science 23.04.2022

### Antall publikasjoner 'industry 4.0'



**Figur 3:** *Antall publikasjoner 'industry 4.0'*

Data hentet fra Web of Science 23.04.2022

## 2.2.2 Muliggjørende teknologier i Industri 4.0

I forbindelse med Industri 4.0 utvikles det stadig nye teknologier som endrer forutsetningene for hvordan ulike oppgaver i industrien kan løses. Blant disse finner vi det som omtales som muliggjørende teknologier. Hensikten med muliggjørende teknologi, er å gi «ting» evnen til å tilegne og behandle kontekstuell informasjon (Patel & Patel, 2016). Muliggjørende teknologi skal bidra til å koble fysiske objekter opp mot tingenes internett (IoT), noe om legger til rette for datautveksling med andre systemer og enheter gjennom forskjellige nettverk. Blant fordelene forbundet med IoT er sammenkobling, skalerbarhet og fleksibilitet. Patel & Patel (2016) omtaler blant annet teknologier som omfatter protokoller og standarder, programvare, kommunikasjon, datahåndtering, og maskinvare som noen av det mest sentrale muliggjørende teknologiene.



**Figur 4:** *Internet of things: Enabling technologies*

Hentet fra Patel og Patel (2016)

Følgende muliggjørende teknologier er aktuelle å trekke frem ettersom de potensielt spiller sentrale roller i forbindelse med adopsjon av cobots:

### **OPC UA (Open Platform Communication)**

OPC UA er en protokoll for åpen-plattform-kommunikasjon som kan brukes til å integrere industrielle feltnettverk i fabrikkens styringssystemer, og blir ansett for å være et effektivt verktøy for å sikre interoperabilitet (Luo et al., 2017).

*«Smart manufacturing systems are a form of complex hybrid system with different production infrastructures from various underlying application domains. Interoperability is, hence, the key challenge in adopting this type of highly heterogeneous system.»* (Luo et al., 2017, s. 281).

Tidligere har OPC vært forbeholdt Windows, men i den nyeste standarden OPC UA er ikke dette lenger tilfelle. Den nyeste OPC-standard er plattformuavhengig, noe som gjør kommunikasjonen mer fleksibel. Kommunikasjonsprotokollen muliggjør vertikale og horisontale sammenkoblinger mellom feltenheter og kontrollrommet (Luo et al., 2017). Dette gjør OPC UA til en sentral del av Industri 4.0 ved å sikre interoperabilitet.

### **Simulering og digital tvilling**

Ifølge Liu et al. (2021), er simulering et kraftig verktøy brukt til verifisering og optimalisering i en tidlig planleggingsfase. Samtidig poengteres det at det rettes lite fokus på bruken av simuleringsapplikasjoner under systemets kjøretid. Med alle mulighetene som i dag finnes til å behandle informasjonen, understrekes det at den digitale tvillingen kan være et egnet verktøy i en slik forbindelse. I beskrivelsen av forholdet mellom digitale tvillinger og simulering kommer at digitale tvillinger kan være simuleringer av selve systemet.

Simuleringsverktøy som representerer robotiske systemer blir ansett for å være et sentralt hjelpemiddel i arbeid med å skaffe informasjon (Schluse & Rossmann, 2016). Ifølge Schluse & Rossmann (2016) kan anvendelse av simuleringsteknologi føre til kostnadseffektive utviklingsprosesser, mer pålitelige systemer, samt bedre design.

## 2.3 Muligheter og barrierer

For å danne en bredere forståelse for utfordringer knyttet til investeringer i teknologi, kan det være verdt å belyse barrierer som hindrer teknologiadopsjon i industrien. Teknologiadopsjon krever først og fremst at dette er en prioritet hos den aktuelle bedriften. En forutsetning er også at den nødvendige kjennskapen til teknologien er på plass (Stornelli et al., 2021) og at den teknologiske infrastrukturen er forenlig med adopsjon av den aktuelle teknologien (Moktadir et al., 2018). Skal det være aktuelt å investere i ny teknologi er et naturlig krav at den løser oppgaver på en bedre måte enn forgjengeren. En faktor som ofte nevnes i forbindelse med adopsjon er derfor operasjonell effektivitet (Bauer et al., 2016; Huber et al., 2008). I tidligere forskning har også adopsjonskostnad, organisatoriske endringer, kompetansekrav, kunnskapsmangel og mangel på teknologisk forståelse blitt trukket frem som opplevde barrierer (Moore, 2017). Det økonomiske aspektet er en åpenbar faktor i de fleste investeringer. Det er også tilfellet i forbindelse med teknologiadopsjon i industrien. Kost-nytte-analyser inngår som en av det mest sentrale elementene knyttet til lederes intensjoner om teknologiadopsjon i industriell virksomhet (Simões et al., 2020). Samtidig er det i mange tilfeller utfordrende å estimere faktisk lønnsomhet av investeringer i forholdsvis ny og uprøvd teknologi, og at ledere derfor vegrer seg for å bite opp kapital (Stornelli et al., 2021). Barrierer vil sannsynligvis variere fra bedrift til bedrift, og avhenge av flere faktorer enn de som kommer frem her. Likefullt kan det være hensiktsmessig å kartlegge de mest fremtredende barrierene fra tidligere studier, for å skape en viss oversikt.

### 2.3.1 Modenhets- og klarhetsmodeller

Når man skal kartlegge hvorvidt en organisasjon er moden for endring gjennom teknologiadopsjon, er det ikke uvanlig å bruke modenhets- eller klarhetsmodeller som verktøy. Like som de kanskje høres ut, skiller litteraturen mellom modenhet og klarhet i forbindelse med slike modeller. Modenhetsmodeller brukes ofte som et instrument for å konseptualisere og måle modenhet av en organisasjon eller en prosess (Schumacher et al., 2016). Klarhetsmodeller på sin side finner sted før man engasjerer seg i modningsprosessen og er således en kartlegging av tingenes tilstand eller en slags status underveis i en modningsprosess (Schumacher et al., 2016). Man skiller altså mellom en pågående, igangsatt prosess og fasen hvor det blir vurdert om organisasjonen er klar for adopsjon. Dette er relevant da stadig flere organisasjoner må gjennom disse fasene i møte med ny teknologi. Skal



man klare å gripe mulighetene som ligger i dagens og fremtidens teknologi, er planlegging av transformasjon et naturlig element (Ghani et al., 2002), der modenhet- og klarhetsmodeller kan spille en sentral rolle i planlegging- og gjennomføringsfasen.

På samme tid er mange organisasjoner klare for endring, men kan oppleve adopsjon som utfordrende, på grunn av manglende kjennskap, kompetanse og erfaring knyttet til den aktuelle teknologi (Stornelli et al., 2021). Dette fenomenet har eksistert i lengre tid og er dermed ikke et nytt fenomen under den industrielle revolusjonen verden i dag gjennomgår. I den forbindelse er det relevant å se på hva som er utgangspunktet for adopsjonsatferd. Ifølge Arvanitis et al. (2002) er det ulike faktorer som påvirker adopsjonsatferden til en bedrift. På den positive siden er det forventninger om lønnsomhet gjennom høyere fleksibilitet, kostnadsreduksjoner m.m., mens den negative siden knyttes til investeringskostnadene som forbindes med innføring og tilpasning av de nye teknologiene det investeres i. Samtidig er det også verdt å understreke at fordelene ved teknologiadopsjon kommer som en følge av at teknologien møter bedriftens behov (Hasnan & Yusoff, 2018). I litteraturgjennomgangen til Michael Sony og Subhash Naik (2019), ble det presentert seks hovedtema for evaluering av organisasjoners adopsjonsklarhet. Disse var organisasjonsstrategi, organisasjonens digitaliseringsgrad, digitaliseringsgrad langs leverandørkjeden, smart-produkter og tjenester, de ansattes teknologiske tilpasningsdyktighet, samt engasjement fra toppledelsen. Selv om bedrifter har ambisjoner om teknologiadopsjon, er det på bakgrunn av disse elementene ikke gitt at bedriftene er klare for det. Likefullt vil de fleste bedrifter før eller siden være avhengige av å adoptere teknologi for å forbli konkurransedyktige. Likefullt kan det være krevende for bedrifter å navigere seg frem til en fornuftig teknologitilnærming ettersom det i mange tilfeller stilles krav til kompetanse om de aktuelle teknologiene (Moore, 2017). Derfor er det relevant å se nærmere på verktøy som kan bidra til at bedrifter likevel lykkes med teknologiadopsjon.

## **2.4 Digital tvilling**

Blant de mest fremtredende teknologiene i forbindelse med digitalisering og automatisering i industrien i dag, er digital tvilling. Simulering som en del av digitale tvilling-teknologien, knyttet til virtuell fremstilling av industrielle prosesser er et eksempel på teknologi som øker sin relevans under Industri 4.0 (Tao et al., 2018). Selv om bruken av visualisering som verktøy for Industri 4.0-teknologi er veldokumentert, ser man i dag at mange aktører innen

produksjonsindustri ligger etter i bruken av slike verktøy (Allen et al., 2021). Mangel på kunnskap og ferdigheter blir ansett for å være faktorer som forhindrer organisasjoner å dra nytte av visualiseringsteknologi (Allen et al., 2021). På grunn av kompleksiteten forbundet med denne typen verktøy, ser vi i dag bruken er mindre utbredt, selv med de overveiende positive egenskapene teknologien tilfører i form av kompleks data på en tidseffektiv måte. Derfor lanseres idéen om at tiltak bør iverksettes for å sikre at visualiseringsverktøy blir laget på en måte som gjør det enklere for aktører å ta i bruk verktøyet (Allen et al., 2021). På den måten kan man sikre at den digitale transformasjonen skjer på organisasjonens premisser, uten krav om avansert digital kompetanse. Dette er en del av det Allen et al. (2021) omtaler som brobygging over det forfatterne omtaler som den største barrieren for Industri 4.0-adopsjon, nemlig mangel på ekspertise. I tråd med verket til Allen et al. (2021) finnes det også litteratur som understreker at visualisering bidrar på et strategisk nivå som beslutningsstøtte gjennom effektiv håndtering og analyse av stordata (Moore, 2017).

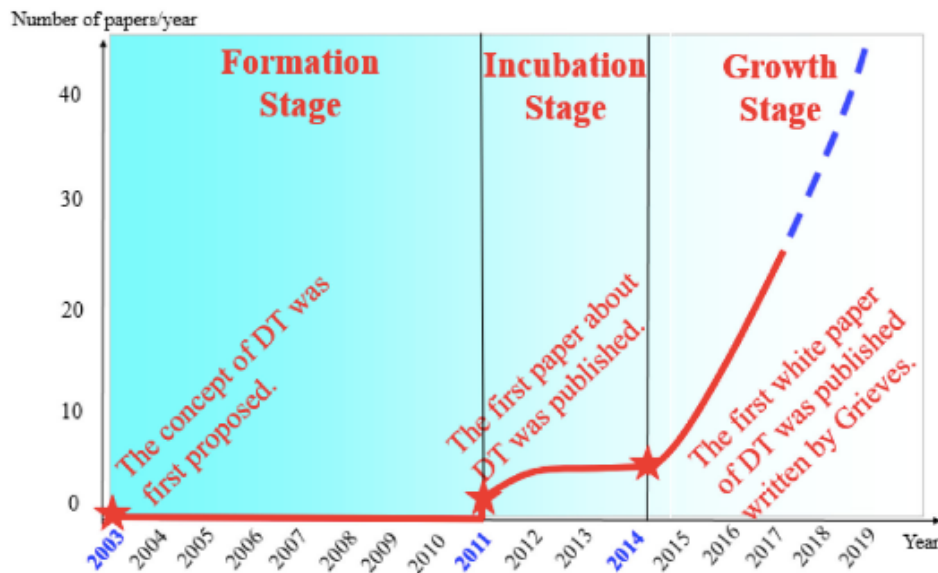
Undersøker man aktuelle Industri 4.0-teknologier er digital tvilling relevant, og vekker stadig mer forskningsmessig interesse (Adamik & Nowicki, 2018). Mye av grunnen til dette, er at teknologien har dokumentert effekt på flere driftsområder, blant annet gjennom kostnad- og risikoreduksjon, i tillegg til å fungere som beslutningsstøtte (VanDerHorn & Mahadevan, 2021). Digital tvilling-teknologien bidrar i flere faser, hvorav samarbeid og interaksjon mellom robot og menneske er en sentral styrke (Liu et al., 2021). Før muliggjørende teknologi ble lansert, var det vanlig at endringer som t.d. re-kalibreringer av roboter var både tidkrevende og på andre måter omfattende. Ved hjelp av virtuelle hjelpemidler og støtte i form av visualisering og simuleringsdata kan man i dag foreta slike endringer basert på data fra digitale tvillinger. På den måten vil man kunne gjøre kvalifiserte beslutninger basert på dataanalyser som foreligger på et tidlig stadium, og gjennom dette støtter beslutningstaker.

*«Digital Twin is one of the promising digital technologies being developed at present to support digital transformation and decision making in multiple industries.» -*

(VanDerHorn & Mahadevan, 2021, s.1 )

Ved virtuell verifisering er nøyaktighet en forutsetning (Liu et al., 2021). Derfor er det vesentlig at den virtuelle modellen gjenspeglar det fysiske produktet og miljøet tilstrekkelig. Samtidig er det en ulempe dersom modellene er så komplekse at de overstiger kravene for det som ønskes undersøkt, da dette kan føre til unødvendig tidsbruk ved testing. For at digital tvilling-teknologi skal fungere som beslutningsstøtte, er man avhengige av at teknologien har

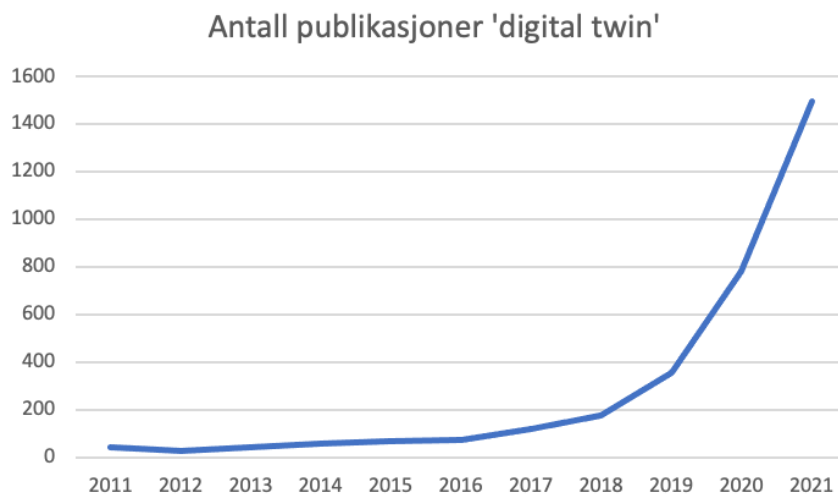
troverdighet hos brukerne. Tillit til verktøyet er åpenbart avgjørende for at man skal kunne ta beslutninger basert på dataen den produserer. Dette fordrer at visualiseringen fremstår som autentisk for brukeren. Bare en autentisk fremstilling vil gi et kvalifisert beslutningsgrunnlag for beslutningstaker.



**Figur 5:** *Development trend of the DT research*

Hentet fra Tao et al. (2018)

Digital tvilling-teknologien har siden denne publikasjonen ble gjort, som predikert av (Tao et al., (2018), vekket mye forskningsmessig interesse. Et søk i databasesamlingen Web of Science bekrefter den økende akademiske interessen for digital tvilling-konseptet:



**Figur 6:** *Antall publikasjoner 'digital twin'*

Data hentet fra Web of Science 23.04.2022

Viktigheten av digitale tvillinger blir i stadig økende grad anerkjent både i industri og akademia, og den muliggjørende teknologien er blant de mest lovende innen smart manufacturing (Tao et al., 2018). Gjennom simulering, prediksjon og optimalisering kan den digitale tvillingen skape unik innsikt og kunnskap for bedrifter i industrien (Wang et al., 2021). For å kunne dra nytte av denne teknologien, er bedrifter avhengige av å adoptere muliggjørende teknologi, og knytte teknologien sammen (VanDerHorn & Mahadevan, 2021). Å sørge for at teknologien man besitter i utstyrsparken er kompatibel med den digitale tvillingen er nødvendig for å maksimere nytten av konseptet. Ved å ikke legge til rette for dette risikerer organisasjonen å gå glipp av nyttige funksjoner og dermed ha problemer med å utnytte teknologien fullt ut. På den ene siden kan de ha valgt å adoptere muliggjørende teknologi som legger til rette for stordataanalyse, men uten kommunikasjonsflyt i systemene, vil man aldri klare å utnytte det fulle underliggende potensialet.

Samtidig understrekes det at teknologien enda er i et tidlig utviklingsstadium, og at derfor ikke er utformet noen universell definisjon eller implementeringsrammeverk. I en artikkel av West et al. (2021) blir den Digitale Tvillingens rolle som beslutningsstøttende teknologi satt i fokus. Her brukes følgende definisjon av digital tvilling: «*a dynamic virtual representation of a physical object or system across its lifecycle, using real-time data to enable understanding, learning and reasoning*» (West et al., 2021, s.1). I og med at definisjoner av begrepet varierer, vil man om an gjør et litteratursøk erfare at terminologien er bred, men at momenter som simulering, emulering eller gjenskapelse er sentrale i flere definisjoner (Barricelli et al., 2019). Tao et al. (2018) hevder at digitale tvillinger kan fungere som beslutningsstøtte i designfasen, gjennom å konvertere stordata til informasjon som kan brukes til å ta velinformerte beslutninger. Denne funksjonen kan brukes for å forenkle optimaliseringsarbeidet i form av tidsbesparelse i forbindelse med informasjonsinnhenting.

Selv om digital tvilling er blitt et relativt populært objekt for forskning, er det fremdeles relevant å undersøke anvendelsen av denne teknologien videre. Blant annet er bruken av visualisering i forbindelse med beslutningstaking et kraftig verktøy som overfører data til kunnskap og således et område for videre forskning (West et al., 2021).

## 3 Metode

I dette kapitlet blir de metodiske valgene gjort rede for. I tillegg trekkes de sentrale vurderingene gjort i forbindelse med datainnsamling og gjennomføring av studien frem. Avslutningsvis vil de etiske- og kvalitetsmessige betraktningene gjennomgå.

I denne studien skal vi se på effekten digital tvilling-teknologi har på beslutningsgrunnlaget for teknologiadopsjon hos Nortura. Min rolle i prosjektet er å produsere simuleringer basert på kravspesifikasjoner og produktinformasjon fra Nortura. Til gjengjeld får Nortura verifisert om de utvalgte produktene lar seg palletere ved hjelp av en cobot. Hensikten med dette er å kartlegge bedriftens forutsetninger for adopsjon av coboter, samtidig som det overordnede målet med prosjektet er å belyse om, og eventuelt hvordan simuleringsteknologien til Rocketfarm kan bidra til å heve beslutningsgrunnlaget for teknologiadopsjon.

### 3.1 Aksjonsforskning

For å belyse problemstillingen *Hvordan kan teknologiadopsjon fremskyndes ved hjelp av et digital tvilling-basert simuleringsverktøy?* har jeg gjennom min arbeidsgiver, Rocketfarm, blitt satt i kontakt med Nortura som for tiden gjennomgår en transformasjonsfase mot industri 4.0. Derfor var det relevant å involvere de i denne studien. Ettersom det var av interesse for alle aktører å samarbeide om å undersøke Norturas muligheter for adopsjon av cobots ved hjelp av simulering og ta lærdom av dette, ble studien gjennomført med en tilnærming som ligner aksjonsforskning. Aksjonsforskning er ment for å produsere ønskede resultater for de involverte partene, samtidig som det er en kunnskapsgenereringsprosess som gir innsikt både for forsker og deltaker (Greenwood og Levin, 2007). Selv om det også kan trekkes paralleller til oppdragsforskning, er målet ved denne studien å bidra, ikke bare til praksisen, men også til teorien knyttet til teknologiadopsjon. Et gjennomgående element ved oppgaven er at den er forsøkt oppbygd på en måte som gjør at man kan belyse perspektiver av akademisk, samt praktisk interesse parallelt. For å få til dette var det avgjørende å belyse muligheter og barrierer på området, for å danne et bilde av hvorvidt forskning og praksis samsvarer. Samtidig var det et sterkt fokus på å prøve å overkomme de opplevde adopsjonsbarrierene hos Nortura, for å se i hvilken grad teori om digital tvilling og visualisering som beslutningsstøtte stemte overens med den praktiske nytten.

*«I en aksjonsforskningsprosess er målsettingen å løse konkrete og praktiske problemer samtidig som man også utvikler relevant teori. Brukbarhet er et kriterium som ingen annen samfunnsvitenskapelig forskningsstrategi kan vise en parallell til. Brukbarhet er en test på om teoretisk innsikt kan begrunne en virksom praksis.» (Levin, 2017, s. 36)*

I dette prosjektet har jeg gjennom simuleringproduksjon og feedback, visualisert og fått generert data output av et utvalg produkter for Nortura. Videre har informantens opplevde nytte av dette blitt kartlagt for å belyse problemstillingen. Dette vil gi meg som forsker et ontologisk grunnlag å jobbe ut fra. I den forbindelse har jeg gjennomført et eksperiment der effekten av simulering på beslutningsgrunnlaget til Nortura har blitt testet og dokumentert.

Ontologi brukes om hva som eksisterer i samfunnet, det vi vet noe om (Tjora, 2021). Aksjonsforskningens ontologi tar utgangspunkt i at utvikling i hovedsak skjer gjennom deltakernes erfaringsdannelse og læring, og at verden i utgangspunktet er uferdig (Duus et al., 2014). Målet med aksjonsforskning er å skape utvikling gjennom å identifisere områder for forbedring, for så å gjøre forandringer som endrer situasjonen til det bedre. Ansvar for vurderinger knyttet til hva som er endring til det bedre, hviler dermed på de involverte aktørene (Duus et al., 2014). Ontologi brukes gjerne sammen med epistemologi ved diskusjoner i forskningssammenheng.

Epistemologi sier noe om hvordan man gjennom forskning kan skape gyldig kunnskap om verden (Tjora, 2021). I aksjonsforskning er epistemologien praksisorientert og eksperimenter anses for å være avgjørende for å undersøke potensialet til en uferdig verden (Duus et al., 2014). Eksperimenter basert på en grunnmodell for aksjonsforskning ble anvendt i studien av Nortura, noe som presenteres i neste delkapittel.

### 3.1.1 Prosjektets faser

I dette prosjektet har jeg, som nevnt tidligere, gjennomført og fulgt et eksperiment der man forberedte, gjennomførte og evaluerte bruk av digital tvilling-basert simuleringsteknologi i forbindelse med vurdering av teknologiadopsjon. De tre fasene brukt i studien er inspirert av Guttormsen et al. (2007) grunnmodell for aksjonsforskning *«Det speilvendte sekstall»*. Denne modellen ble brukt av Guttormsen et al. (2009) ved *SINTEF Teknologi og samfunn*, avdeling *Smartere sammen* som blant annet har jobbet med utviklingsprosjekter offshore. Modellen

består av 5 faser:

- Forankring
- Kartlegging
- Samling, finne tiltak
- Gjennomføre tiltak
- Evaluering

Modellen jeg har jobbet ut fra er delt i 3 faser: forankring og kartlegging inngår i denne studien i fase 1: bakgrunn og forarbeid. I denne fasen handler det om å sørge for at de involverte har tilstrekkelig forståelse av temaet og at det etableres et bilde av situasjonen de står i. Fase 2, som omfatter samling og gjennomføring, har jeg valgt å kalle utarbeiding og gjennomføring av simulering. Målet i denne fasen er å utføre workshop basert på kartleggingen. I denne fasen har jeg produsert og gjennomført simulering av produktene til Nortura og laget presentasjon av dette basert på ytelsesrapporter og video. Fase 3, vurdering og etterarbeid, omhandler det samme som i modellen til Guttormsen et al. (2007), nemlig evaluering av prosessen. Dette ble gjort på bakgrunn av simuleringene.



**Figur 7:** *Det speilvendte seks-tall – faser i ”Smartere sammen-prosessen”*

Hentet fra Guttormsen et al. (2007)

## **Fase 1: Bakgrunn og forarbeid**

I første fase handlet det om å kartlegge hvorvidt Nortura var klare for teknologiadopsjon. Samtidig var det relevant å bli bedre kjent med behovene til bedriften, og hvordan jeg gjennom dette prosjektet kunne hjelpe de med å imøtekomme disse behovene. Dette var nødvendig for å danne et godt utgangspunkt for aksjonsforskningen.

Bakgrunnen for å involvere Nortura i undersøkelse, var en forventning om at bedriften var modne og klare for ytterligere adopsjon av industri 4.0-teknologi. En gjennomgang med Norturas fagsjef for automasjon og robotisering bekreftet dette, og han konkluderte i det første intervjuet, med at bedriften var «overmodne» og ytret ambisjoner om mer automatisering. I den forbindelse ble det kartlagt et ønske om å gjennomføre simuleringer av produktene som palleteres ved Norturas pakkelinjer. Målet var at undersøkelsen skulle bidra til et gjensidig læringsutbytte. Undersøkelsen av den digitale tvillingens betydning for beslutningsgrunnlaget skulle være mitt akademiske utbytte, mens Nortura på sin side ville sitte igjen med en bedre oversikt over hvilke produkter som var egnet for palletering ved hjelp av cobots. I dette ligger det en antagelse/hypotese om at en slik oversikt vil forenkle beslutningsprosessen i en tidlig fase, ettersom data outputen og visualiseringen fra simuleringene vil dekke behovet for verifisering av palleringsprosjektene.

Under det første intervjuet med informanten innhentet jeg informasjonen fra Nortura. Dette var en forutsetning for at arbeidet med simuleringsproduksjon kunne begynne. Denne informasjonen var kravspesifikasjoner (i hovedsak hastigheten på linjene) til simuleringen, produktdimensjoner og vekt på eskene, samt palleteringsmønster og pallehøyde. Hvert enkelt produkt hadde sin egen tilhørende informasjon, men flere av produktene hadde identiske eskedimensjoner og palleteringsmønster. Dette reduserte omfanget på simuleringsarbeidet en god del, da hver enkelt simulering i praksis representerte flere produkter. Den eneste informasjonen som varierte på produktene med identiske eskedimensjoner og palleteringsmønster, var vekten på innholdet og kravspesifikasjonene. Dette ble kompensert for ved at jeg tok utgangspunkt i eskene med det tyngste innholdet. Forutsetningen gjorde at jeg kunne garantere for at totalvekten av eskene ikke oversteg maksimumsgrensen for lastvekt for cobots, noe som ville resultert i at eskene ikke lot seg palletere. Relevansen av dette er stor, da den maksimale lastvekten på coboten brukt i undersøkelsen var 12,5 kg. Dermed ble noen av produktene som oversteg denne grensen filtrert ut, og Nortura ble informert om at disse produktene oversteg den maksimale grensen for lastvekt og at palletering ved hjelp av den



aktuelle coboten var utelukket.

## **Fase 2: Utarbeiding og gjennomføring av simulering**

Etter å ha samlet inn informasjon og etablert kjennskap til Norturas behov, gikk prosjektet over i fase 2, utarbeiding og gjennomføring av simulering. Her startet arbeidet med å produsere simuleringsfilene. I forbindelse med simuleringsproduksjonen ble Rocketfarms verktøy for palleteringsmønster, Pally Pallet Builder brukt. Der ble mønstrene til Nortura replikert, og jeg genererte gjennom nettsiden en fil som inneholdt palleteringsmønsteret. I tillegg er det nødvendig å kombinere denne filen med en annen fil som inneholder robotkonfigurasjonen som skal brukes i simuleringen. Sammen utgjør disse simuleringsfilene. Formålet er at simuleringen skal bli så virkelighetsnær som mulig.

Simuleringsfilene ble deretter kjørt i Rocketfarms simulator, og visualiseringen ble filmet. Totalt ble det produsert 7 simuleringer med tilhørende palleteringsmønster, som representerte 67 forskjellige produkter. Når simuleringene var ferdige, ble det autogenerated ytelsesrapporter med relevant informasjon som ble brukt i dokumentasjonsarbeidet i etterkant. I denne fasen ble også en presentasjon avholdt for informanten. Denne presentasjonen ble gjort over Teams, og informanten kom med innspill til hvordan han ville ha simuleringene presentert for å øke det beslutningsmessige utbyttet. Dette ble tatt til betraktning og vektlagt i fase 3.

## **Fase 3: Vurdering og etterarbeid**

Da simuleringsarbeidet var gjennomført, ble resultatene sendt til informanten. Dette bestod av visualiseringer av palleteringene og ytelsesrapporter, i tillegg til en statusoversikt i Excel, etter informantens ønske. Excel-dokumentet inneholdt en liste med de simulerte produktene og resultatene av simuleringene. Basert på effektiviteten og gjennomførbarheten ble de ulike produktenes egnethet for cobotpalletering vurdert. Disse vurderingene ble lagt frem i dokumentet for at fagsjefen for automasjon og robotisering, skulle få et tydelig bilde på hvilke produkter som lot seg palletere ved hjelp av en UR10 cobot. Resultatene ble først sendt til informanten, før en videopresentasjon over Teams ble gjennomført. Under presentasjonen ble ytelsesrapport, palleteringsvideoen og Excel-dokumentet diskutert. Her ble det åpnet opp for tilbakemelding, oppfølgingsspørsmål og utdyping av eventuelle uklarheter knyttet til simuleringen.

Etter at simuleringsdokumentene var presenterte til informanten, ble det andre intervjuet

gjennomført. Arbeidet med å trekke ut og kartlegge de mest sentrale funnene fra undersøkelsen ble da intensivert. Selv om dette til en viss grad hadde foregått siden det første intervjuet, var det først nå det hele kunne forstås i en helhetlig kontekst. I denne fasen ble det lagt vekt på å evaluere om beslutningsgrunnlaget hadde endret seg som følge av simuleringene.

## 3.2 Forskningsdesign

I designfasen gjorde jeg en rekke refleksjoner knyttet til hvordan teorien kunne kobles opp mot realiteten jeg skulle undersøke. Ved litteraturgjennomgangen ble relevante kategorier innen temaet kartlagt, noe som var med på å danne grunnlaget for hva som skulle undersøkes i intervjuene. For å etablere et godt utgangspunkt for datainnsamlingen, var det avgjørende å utvikle en forståelse for fenomenet som skulle undersøkes, noe som poengteres av Kvale & Brinkmann (2015). Valget falt til slutt på et eksplorativt forskningsdesign på grunn av kompleksiteten forbundet med teknologiadopsjon i industrien. I denne undersøkelsen vurderte jeg det som avgjørende å innhente kvalitetssikker data for å belyse problemstillingen fra et praktisk perspektiv. I forbindelse med datainnsamling ble det derfor vektlagt at informanten hadde god dybdekunnskap og relevant erfaring innen automasjonsprosesser i industrien, noe som styrker informantens pålitelighet (Andersen, 2013). Samtidig får man god innsikt i hvordan simuleringens produksjon inngår i adopsjonsprosessen. Dette var et viktig kriterium for å skaffe nye perspektiver og belyse de praktiske implikasjonene knyttet til adopsjon av cobot-teknologi. Samtidig var det viktig at informanten representerte en bedrift som var moden for adopsjon av denne teknologien, men som ikke allerede hadde tatt den i bruk i stor skala. Med disse forutsetningene til grunn, ville det være enklere å innhente autentisk informasjon, siden informanten i større grad ville være i stand til å ta eierskap til studien på grunn av sakens aktualitet.

## 3.3 Forskningsstrategi

Etter å ha gjennomgått forskningslitteratur ble det klart at det kunne være relevant å analysere sammenhengen mellom faktorer som påvirket intensjoner og beslutninger i forbindelse med teknologiadopsjon. I kombinasjon med min personlige arbeidserfaring knyttet til bruken av simulering som verifiseringsverktøy av industrielle palleteringscobots, var dette et passende

utgangspunkt for å gjennomføre en undersøkelse sammen med en relevant industriell aktør. Derfor falt til slutt valget på en casestudie med aksjonsforskningspreg. Casestudier er egnet til å belyse fenomener der man undersøker hvordan eller hvorfor ting er som de er (Yin, 2014). For å belyse problemstillingen knyttet til simuleringsteknologi vurderte jeg Nortura sammen med min arbeidsgiver, Rocketfarm som egnede undersøkelsesenheter. Som en følge av at Nortura og Rocketfarm allerede hadde etablert kjennskap til hverandre, og Norturas uttalte ønske om å adoptere automatiserte løsninger, betraktet jeg det som et godt utgangspunkt for å belyse problemstillingen. Styrken ved casestudier er at de blant annet kan bidra til dybdekunnskaper om organisasjoner og ledelsesprosesser (Yin, 2014). Dette ble ansett som en passende strategi til caset jeg ønsket å undersøke: digital tvilling-basert simulering sin påvirkning på beslutningsgrunnlaget for adopsjon av palleteringscobots hos Nortura.

### **3.4 Datainnsamling**

På bakgrunn av problemstillingens kompleksitet og en visjon om å bidra til større forståelse rundt digitale tvillingers bidrag i beslutningsprosessen til Nortura, ble en kvalitativ tilnærming benyttet i datainnsamlingen. En kombinasjon av ulike innsamlingsteknikker ble benyttet herunder intervjuer og observasjon. I tillegg utgjorde simuleringproduisert data et vesentlig grunnlag for samtale.

#### **3.4.1 Intervjuer**

Kunnskapen fra kvalitative forskningsintervjuer kommer gjennom interaksjoner mellom intervjuer og intervjuobjekt (Kvale & Brinkmann, 2015). I denne studien er dataen primært innhentet gjennom semistrukturerte intervjuer, men også gjennom presentasjon og feedback.

Utvalget bestod av én representant fra Nortura. Vedkommende hadde lang fartstid i bransjen og var ansatt som fagsjef for automasjon og robotisering. Han hadde avansert praktisk kompetanse og innsikt i de daglige utfordringene knyttet til bruken av teknologi i produksjonsindustri. Samtidig representerte han en bedrift med intensjoner om å ta videre steg innen automatisering av driften, en kombinasjon som gjorde han til en passende kandidat. Intervjuobjektet ble valgt gjennom strategisk utvelgelse som var forenlig med intensjonen om å gå studere caset i dybden (Tjora, 2004). Haken ved dette er at den ytre validiteten vil svekkes som en følge av at det empiriske bidraget vil være mindre representativt for en

bredere populasjon (Andersen, 2013). Valget falt likevel på dette da det ble vurdert som den beste måten å skaffe relevant informasjon. Ettersom det likevel var av interesse å utvikle relevant kunnskap for enheter som ikke var representert i studien, var det viktig å være bevisst på avgrensningen av caset (Tjora, 2014).

Siden casestudien er ment for å belyse et forholdsvis smalt forskningsfelt med kompleks teknologi og lav tilgjengelighet av egnede informanter, ble det kun valgt en informant. Følgelig var en annen ulempe ved dette at det ville være vanskeligere å oppnå datametning (Tjora, 2014) noe som kan resultere i at enkelte viktige elementer ikke blir tilstrekkelig belyst, eller ikke belyst i det hele tatt. Dette betyr at resultatene potensielt vil bli annerledes dersom studien involverer flere aktører. På den andre siden er dette noe som er nødvendig å ofre, til fordel for et mer intenst fokus på den aktuelle respondenten. Denne overveielser var en konsekvens av naturlige avgrensninger knyttet til oppgavens omfang.

Intervjuguider var utformet for å holde kursen under intervjuene (se vedlegg 2 og vedlegg 3). I denne eksplorative undersøkelsen var det ikke formålstjenlig å ha en strengt forutbestemt rekkefølge på spørsmålstillingen. I stedet fungerte intervjuguidene som en oversikt over emner som var relevante å diskutere i forbindelse med belysning av problemstillingen. Deler av hensikten med et semistrukturert intervjuopplegg, er ifølge Kvale og Brinkmann (2015) at man som intervjuer gjennom skjønnsbasert vurdering har mulighet til å stille oppfølgingsspørsmål og la informanten utdype svarene. Samtidig åpner en eksplorativ struktur muligheter for at det gjennom intervjuet kan fremkomme nye perspektiver og innfallsvinkler som også kan være relevante for problemstillingen (Kvale & Brinkmann, 2015).

Intervjuene ble som nevnt, gjennomført i to omganger, der det var satt en tidsramme på omtrent 30 minutter. Dette var ingen absolutt grense, men et utgangspunkt og høvelig tid for å tilegne nødvendig mengde data. I praksis gikk intervjuene litt over dette, som et resultat av god delingsvilje fra informantens side. I tillegg ble oppfølgingsspørsmål stilt der det var relevant. Dette bidro, slik jeg opplevde det, til fin flyt og dialog rundt de aktuelle spørsmålene. Det ble gjort opptak av intervjuene som har blitt transkribert.

Informanten var samarbeidsvillig og delte mye relevant informasjon, gjennom lange og informative svar. Dette gjorde behovet for oppfølgingsspørsmål mindre, samtidig som at fokuset kunne være å følge opp resonnement og refleksjoner. Samtidig var kursen i samtalen

stødig og det var ikke behov for å hente informanten inn igjen på rett kurs. Dette var en bekreftelse på at informanten delte intervjuers oppfatning av hva som kunne være relevant å trekke frem. Intervjuobjektet hadde interesser i simulering og stilte spørsmål som utfordrer undersøkelsen. Dette opplevde jeg som et tegn på engasjement og en genuin interesse i å heve kvaliteten på resultatene av simuleringen. I tillegg var informanten interessert i å få mest mulig informasjon knyttet til undersøkelsen, noe som forenklet arbeidet og hevet kvaliteten på datainnsamlingsprosessen ettersom det bidrog til en felles forståelse for hva som skulle undersøkes. Dette hevet validiteten i undersøkelsen.

### 3.4.2 Deltagende observasjon

I undersøkelsen har jeg også benyttet meg av deltagende observasjon. Dette er en metode som går ut på at jeg som observatør deltar i prosesser som undersøkes (Grønmo, 2020). I praksis gikk dette ut på at jeg presenterte simuleringsresultat (video og ytelsesrapport) for informanten som gav tilbakemeldinger på hva som skulle til for at han skulle få høyere utbytte av simuleringen. Ved å notere ned endringene han ønsket seg, kunne jeg senere presentere et nytt utkast med den tilleggsinformasjonen han ønsket. På den måten ville man tillegge undersøkelsen kvalitet i form av at simuleringen i større grad presenterte det som var relevant for hans rolle i forbindelse med potensiell adopsjon, noe som ville styrke simuleringens posisjon som verktøy ved beslutningstaking. Samtidig ville det for Rocketfarm være nyttig å få dokumenterte tilbakemeldinger knyttet til simuleringen, noe som på et senere tidspunkt kunne bidra til å utvikle simuleringsproduktet videre. I denne prosessen har det vært viktig for meg å være bevisst på mitt ansvar overfor informanten.

### 3.4.3 Simuleringsdata

Som et tillegg ble data output produsert gjennom simuleringsverktøyet presentert for informanten og danner grunnlaget for intervju nummer to. Deler av dataen produsert av simuleringsverktøyet var konfidensielt kommer ikke direkte frem i undersøkelsen. Likefullt fungerte simuleringsdataen som et naturlig utgangspunkt for det kollektive arbeidet med å bygge kunnskap sammen med intervjuobjektet. Denne praksisen er inspirert av aksjonsforskningsteori (Kvale & Brinkmann, 2015).

Dataen ble innhentet gjennom:

- Intervjuer
  - Innledende intervju
  - Avsluttende intervju
- Simuleringsprosessen
  - Kravspesifikasjoner
  - Output
  - Feedback
- Observasjon
  - Dialog knyttet til presentasjon av simulering

### 3.5 Analyse

I undersøkelsen har jeg i hovedsak benyttet meg av analyseteknikker hentet fra casestudie- og aksjonsforskningslitteratur. Andersen (2013) beskriver casestudier på følgende vis «*I casestudier er datainnsamling og analyse en prosess der hypoteser om samlende tolkninger og årsakssammenhenger formuleres og prøves ut underveis.*» (Andersen, 2013, s. 16). Til sammenligning benyttes det ved aksjonsforskning en tilnærming der forsker sikrer data for fra et endringsforløp for å dokumentere før/etter situasjonen (Levin, 2017). Som vi ser av beskrivelsene, er de to teknikkene relativt like, og begge har et kvalitativt preg, men aksjonsforskningen skiller seg fra casestudier ved at det overordnede målet er å skape endring gjennom konkret problemløsning (Levin, 2017). Målet med å kombinere disse teknikkene var å bruke casestudieteknikker til å generere nødvendig kunnskap om selve caset, samtidig som det var relevant å anvende aksjonsforskningsteknikk for å bidra til endring gjennom problemløsning.

I praksis ble dette gjort ved at mulighetene og barrierene for adopsjon av cobots hos Nortura ble kartlagt tidlig i undersøkelsen. Til grunn for diskusjonene med Nortura lå den eksisterende teorien på feltet, som ble aktualisert og ytterligere supplert gjennom intervjuene. På denne måten ble det naturlig å sette teorien opp mot Norturas realitet og se på graden av samsvar. I tillegg var dette en teknikk som tok høyde for de utfordringene Nortura måtte ha, som eventuelt ikke var belyst i foreliggende teori. Da barrierene var belyst, var det naturlig å analysere simuleringens rolle i forbindelse med å overkomme disse. Også her var tidligere undersøkelser relevante, men informasjonen fra informantene preget i stadig større grad

retningen på diskusjonen. Dette var nødvendig for å få frem flere nyanser knyttet til fenomenet enn jeg selv evnet basert på mine teoretiske betraktninger (Duus et al., 2014).

Det var funnene fra intervjuene i kombinasjon med datainnsamling gjennom deltakende observasjon og kravspesifikasjonene i forbindelse med simulering, som utgjorde grunnlaget for analysen. Disse elementene ble analysert i kontekst av foreliggende teori og min personlige erfaring knyttet til bruken av simuleringsverktøyet i forbindelse med adopsjon av palleteringscobots og tilhørende programvare. Denne blandingen av empiri og teori var et naturlig utgangspunkt for videre analyse. Til grunn for strukturering og analyse lå en kombinasjon av tidligere forskning og kvalifiserte hypoteser utformet basert på aktuell empiri med relevans for problemstillingen. Kategoriseringen ble gjort i tråd med caseteori og baserte seg på feltnære begreper som ble anvendt i forbindelse med studien (Maaløe, 2002).

Kategorier og temaer ble utarbeidet etter en gjennomgang av tidligere forskningslitteratur, i kombinasjon med intervju og observasjon. Etter å ha skaffet en oversikt over eksisterende litteratur, ble funn med konsensus blant forskerne vurdert som relevante, logiske punkter å bygge strukturen rundt. Dette resulterte i en variant av det Yin (2014) omtaler som et beskrivende rammeverk, der funnene ble delt inn i tre kategorier basert på temaer som omhandlet relevante aspekter ved adopsjonsbeslutninger. Samtidig var det av interesse komme med nye empiriske bidrag, noe som kom frem gjennom drøftingen. I analysen ble de funnene fra de tre kategoriene drøftet mot foreliggende teori. På denne måten ble det naturlig å påvise likheter og eventuelle kontraster. I denne fasen kom det frem at mange av funnene var i tråd med hva man kunne forvente basert på tidligere undersøkelser. Dette var på den ene siden en bekreftelse på at informanten delte oppfatninger med informanter fra tidligere undersøkelser, samtidig som at det gjorde det mulig å be om utdypelse for å ytterligere belyse kategoriene i dybden. At funnene var i tråd med tidligere forskning, gjorde at det var mer nærliggende å se på disse som relativt sikre, og med en viss grad av overførbarhet til andre bedrifter, til tross for casesdesignet. På den andre siden ble det også etablert nye kategorier som hadde fått mindre oppmerksomhet i tidligere forskning. Noen av de mer overraskende funnene var spesifikke utfordringer knyttet til den aktuelle bedriften i møte med palleteringsteknologi og bør derfor anses som mer tentative.

I undersøkelsen ble det gjennomført to semi-strukturerte intervjuer med samme informant. Tiden mellom intervjuene ble brukt til simulering og dokumentering av data output fra simuleringene. Data outputen ble deretter sendt til intervjuobjektet og et andre intervju ble

gjennomført i etterkant. Hensikten med dette var å se om, og eventuelt hvordan oppfatningen til simuleringsverktøyet / digital tvilling endret seg hos informanten. Intensjonen var også å vurdere hvordan informanten endret sin holdning til produktet simuleringen representerte. For å kartlegge informantens erfaring med lignende verktøy, ble dette redegjort for i det første intervjuet. På denne måten fremkom informantens forventninger til simuleringsverktøyet. Valget av semistrukturert intervjudesign gjorde det mulig å stille oppfølgingsspørsmål der dette var nødvendig.

I tillegg ble det gjennom det første intervjuet gjort klart at kunnskap og kompetanse i skjæringspunktet teori og praksis var avgjørende for å kunne trekke kvalifiserte konklusjoner knyttet til problemstillingen. Det første intervjuet gjorde det klart at problemstillingen stiller krav til kompetanse langs begge dimensjoner, og at personer med beslutningsansvar er tjent med å danne seg et helhetlig bilde i forbindelse med beslutningstaking. Dette styrker også simulering sitt kandidatur som salgsverktøy ettersom det vil bidra til å validere prosjekter i forkant av beslutningsavgjørelser.

### **3.6 Etske betraktninger**

Før den formelle oppstarten av prosjektet ble det undertegnet en taushetserklæring som blant annet innebar at enkelte former for informasjon skulle behandles med konfidensialitet. Derfor har denne informasjonen forblitt eksklusivt hos meg, frem til eventuell publisering av oppgaven. I tillegg har informanten fått mulighet til å lese gjennom og eventuelt komme med innvendinger dersom noe skulle endres, eventuelt fjernes fullstendig fra undersøkelsen. I tillegg ble NSDs mal for informert samtykke utfylt og sendt til informanten (se vedlegg 1).

Ved observasjon vil det etableres en relasjon mellom forsker og informant. Når det gjennomføres studier over lengre tid vil denne relasjonen kunne endres og føre til utfordringer som kan påvirke forskningsresultatet (Tjora, 2014). Dette ble ikke en påvirkende faktor i forbindelse med denne studien, ettersom den pågikk over en begrenset periode.

### **3.7 Kvaliteten på studien**

I casestudier etableres reliabilitet hovedsakelig gjennom overbevisende dokumentasjon av fremgangsmåter, datagenerering og analyse (Andersen, 2013). Derfor har jeg gjennom hele



prosessen forsøkt å være så åpen og ærlig med intervjuobjektet som overhodet mulig for å skape et godt utgangspunkt for en profesjonell og saklig interaksjon, med gjensidig tillit. Grunntanken min har vært at en felles forståelse for problemstillingens tematikk, vil være avgjørende for kunnskapsetablering mellom meg som intervjuer og intervjuobjektet som informant. Min rolle har derfor vært å tilegne meg den nødvendige teoretiske kunnskapen som kreves for å skape et tilstrekkelig bakteppe for etableringen av ny kunnskap på området. Samtidig var det viktig å dele den nødvendige informasjonen med informanten for at forutsetningene for diskusjon i intervjuene skulle være best mulig. I tillegg har jeg gjennom stillingen min i Rocketfarm opparbeidet meg en forståelse av hvilke faktorer som står sentralt i forbindelse med adopsjon av coboten. I praksis har dette fungert som et empirisk grunnlag som har vært gunstig i forbindelse med den analytiske delen av undersøkelsen. Ifølge Andersen (2013) er empiriske kunnskaper om lignende case, teorier og begreper sammen med spesifikke forskningsspørsmål forutsetninger for etablering av analytisk kontekst.

Kvaliteten på oppgaven sier noe om hvorvidt det kan festes tillit forskningen. Dette avklares i konvensjonell positivistisk språkbruk og begrepsforståelse, gjennom begrunnelse av validitet og reliabilitet (Levin, 2017). Ved aksjonsforskning trengs andre kriterier, på grunn av aksjonsforskningens konstruktivistiske karakter (Levin, 2017). Levin (2017) nevner i den forbindelse fire variabler som kjennetegner god aksjonsforskning: bred lokal deltakelse, kontroll av forutinntatthet, samarbeid mellom flere forskere og systematiske data om endringsprosessen.

Informantens posisjon i den respektive bedriften indikerte at vedkommende hadde oversikt og erfaring på områder relevant for å belyse de aktuelle forskningsspørsmålene. I tillegg har informantens arbeidsgiver, Nortura, et profesjonelt, faglig samarbeid med Rocketfarm som har utviklet og bruker den aktuelle teknologien, noe som ytterligere styrket informantens egnethet. Grunnet oppgavens design og oppbygning, var det viktig at utvalget bestod av en informant med avansert kunnskap om både produkt og prosess. Dette gjorde det mulig å snevre inn fokuset og sentrere det rundt en spiss problemstilling som la til rette for å skaffe dybdeinformasjon på det aktuelle feltet. Bruken av visualisering i forbindelse med beslutningstaking er et kraftig verktøy som overfører data til kunnskap og er et område for videre forskning (West et al., 2021).

På den andre siden var det utfordrende å finne kvalifiserte informanter med den riktige kombinasjonen av innsikt, erfaring og posisjon. I tillegg var det et poeng at et representanten

fra produksjonsbedriften hadde en viss kjennskap til den aktuelle teknologiutviklende bedriften, da dette gav en ekstra dimensjon i form av felles forståelse rundt problemstillingen. Det kan derfor argumenteres for at utvalget er lite og at informasjonsuthentingens overføringsverdi følgelig svekkes. Dette veies til dels opp for ved størrelsen på informantens bedrift og at deres produktliste er stor. I praksis betyr dette, fra et simuleringsperspektiv, at linjene består av mange forskjellige bokser med ulik vekt og eskedimensjoner, noe som til en viss grad gjør at dataen blir overførbar til andre, lignende bedrifter. Samtidig ble problemstillingens kompleksitet i kombinasjon med tilgang på kvalifiserte respondenter vurdert, noe som resulterte i valget av en kvalitativ casestudie. Begrunnelsen av dette valget, var at det ble ansett som det beste alternativet da målet var å gå i dybden og skaffe kvalitetssikker data fra personell i posisjon til å gi velbegrunnede svar. I tillegg åpnet dette for at nye perspektiver og idéer kunne komme fortløpende, uten inngripende konsekvenser for utformingen av problemstillingen eller oppgaven for øvrig.

I intervjusammenheng var det viktig å være bevisst på at mine forkunnskaper ikke skal resultere i at forutinntatthet styrer utspørringen, og på den måten hindrer nye perspektiver i å fremkomme. Andersen (2013) understreker samtidig at intervjuerens forkunnskaper i en dybdeintervjukontekst vil kunne gjøre det lettere å holde oversikt på grunn av den grunnleggende forståelsen.

## 4 Case

I dette kapitlet presenteres bedriftene involvert i denne casestudien. Deretter skal caset og historien bak beskrives. I denne studien er caset som undersøkes: digital tvilling-basert simulering sin påvirkning på beslutningsgrunnlaget for adopsjon av palleteringscobots hos Nortura. I denne studien benyttes Rocketfarms simuleringsverktøy. Følgelig er undersøkelsesenheterne Rocketfarm og Nortura.

### 4.1 Bedriftspresentasjon

Teknologibedriften Rocketfarm utvikler programvaresystemer for cobots. Bedriften jobber for å skape gode løsninger for produksjonsbedrifter både lokalt og globalt. Gjennom samarbeid med Universal Robots, en dansk produsent av cobots, tilbyr de palleteringsløsninger for aktører over hele verden. Selv om bedriften besitter kompetanse på flere områder, er det i hovedsak palletering som er deres kjerneområde.

Gjennom sin programvare tilbyr de løsninger som muliggjør adopsjon av Industri 4.0-teknologi på en enkel og effektiv måte. Rocketfarm har utviklet en OPC UA URCap som er den eneste programvaren som oversetter data fra UR-roboter til OPC UA-data. Enkelt forklart muliggjør denne teknologien kommunikasjon mellom pakkelinjer og datasystemer, noe som gjør kontrollstyring og tilpasning av produksjonen enklere.

Nortura er blant Norges største matvareprodusenter. Bedriften består av fabrikker over store deler av landet og er posisjonert som det største merkevarehuset innen kjøtt- og eggprodukter. Tidligere har bedriften ytret et ønske om å heve sin teknologiske standard ved å legge til rette for adopsjon av industri 4.0-teknologi (Panengstuen, 2020). Som et resultat av dette ferdigstilte Nortura vinteren 2021 en omfattende IT-implementering som skal legge til rette for transformasjon fra industri 3.0 til industri 4.0 (Nortura, 2021). Denne IT-implementeringen resulterer i at Nortura har bedret forutsetningene for fremtidig adopsjon og sammenkobling av teknologier.

#### 4.1.1 Historien bak Nortura – Rocketfarm-samarbeidet

For å gi en oversiktlig casebeskrivelse er det relevant å se på bakgrunnen for Nortura interesse

for palleteringscobots. I 2015 hadde Nortura problemer knyttet til en tradisjonell maskin brukt til palletering på fabrikken i Sogndal. På det tidspunktet hadde de ikke tatt i bruk cobots, og maskinparken bestod hovedsakelig av tyngre installasjoner som utførte palleteringsjobben i kombinasjon med menneskelig arbeidskraft. Situasjonen krevde at problemet måtte løses ved hjelp av montører som måtte møte opp i fabrikklokalene for å rette opp i feilen. Denne prosessen var krevende både operasjonelt og økonomisk på grunn av den maskinelle nedetiden i kombinasjon med reparasjonskostnadene.

2015: Nortura skaffer seg en cobot og blir med det Rocketfarms første palleteringskunde.

2016: Nortura er fornøyde med palleteringsløsningen og kjøper to nye palleteringscobots.

Cobotene gjorde nytten for seg de første årene, men etter hvert ble det behov for oppgradering. Rocketfarm ble i den forbindelse kontaktet, noe som resulterte i bedre ytelse:

*«The cobot palletizers are the robots we have with highest operating time and lowest running costs. We have been very happy about our first installations and are very excited that Rocketfarm could help us improve the robots for us to take the next steps in improving our production line.» - Ingrid Lysne Sanden, Fabrikksjef Nortura Sogndal (Rocketfarm, u.å.)*

Forbedringen fabrikksjef Sanden viser til, var en programvareoppdatering i tillegg til en installasjon som muliggjorde optimalisering av palleteringsløsningen. For Nortura har oppgraderingen hatt positive følger. Resultatet ble en betydelig reduksjon i utgifter knyttet til palletering. I tillegg fremheves økt palleteringseffekt og fleksibilitet, noe som har hatt gunstig effekt på økonomien:

*«We are investigating how to create an increased production output, without making large investments. With this retrofit, we managed to increase the performance and give our collaborative palletizers, which have already many years ago returned their investment, a new and better life for many more years.» - Ingrid Lysne Sanden, Fabrikksjef Nortura Sogndal (Rocketfarm, u.å.)*

Deler av hensikten med simuleringsverktøyet er å kartlegge hvilke endringer som er gunstige for hvert enkelt prosjekt. Dette ble også brukt i forbindelse med utviklingen av Norturas nye løsning. Gjennom simulering ble forventet ytelse estimert, noe som var gunstig med tanke på ROI-kalkulasjon.

Rocketfarm's simuleringstønløsning er basert på at programvare (den samme som brukes i ekte palleteringer) blir brukt til å gjennomføre virtuelle visualiseringer, med reell maskinvare. Dette gjør det mulig å foreta endringer på den virtuelle palleteringsløsningen for å finne gode løsninger på utfordringer som eventuelt skulle oppstå. På denne måten kan nødvendige endringer bli testet og verifisert virtuelt, før de blir tatt i bruk på den virkelige roboten.

## 4.2 Prosjektet

Jeg ble satt i kontakt med Nortura gjennom arbeidsgiveren min, Rocketfarm. De var interesserte i å se på muligheten for å kjørre simuleringer på en del av linjene sine, og ville gjerne bidra i oppgaven min. I den forbindelse ble det gjennomført et første intervju med en person i en sentral rolle med tanke på automatiseringsarbeidet i Nortura. I dette intervjuet ble nåsituasjonen hos Nortura kartlagt, og det kom frem at bedriften hadde ambisjoner om å automatisere driften ytterligere. I tillegg la de til at de hadde gode erfaringer med cobotene de allerede hadde implementert og hatt noen års erfaring med.

På spørsmål om det kunne være interessant å gjennomføre klarhet- eller modenhetsanalyser ble det bekreftet at slike analyser allerede hadde blitt gjennomført, og at konklusjonen var at bedriften var «overmoden». Når det underliggende ønsket om adopsjon er bekreftet, gjenstår det å besvare spørsmål knyttet til *når*, *hva* og *hvilken* teknologi det skal investeres i. I den forbindelse handler det blant annet om å se på hvilke teknologiske muligheter som eksisterer og hvordan disse kan forbedre framtidsutsiktene. Samtidig er det en del utfordringer på reisen fra ønske om adopsjon til investering og implementering. Målet med simuleringstølet til Rocketfarm er at denne simuleringsteknologien skal hjelpe bedrifter som Nortura i situasjoner som dette. Gjennom simulering og data output er intensjonen blant annet å heve beslutningsgrunnlaget for potensielle investeringer i palleteringsteknologi. Kombinasjonen av visualisering og verifisering av prosjekter, vil kunne teste prosjektenes gjennomførbarhet og eventuelt prøve ulike mønster og konfigurasjoner opp mot hverandre for sammenligning. En fordel med denne måten å drive verifiseringsarbeid på er at det fjerner behovet for å teste de ulike endringene på en ekte robot, noe som ville vært mer omfattende.

I det første intervjuet ble det gjennomgått tall som viste informasjon om dagens pakkelinjer hos Nortura. Disse tallene har vært utgangspunkt i arbeidet med simuleringstølet. Det mest relevante er CPM-kravet (Cases Per Minute), hvor mange esker som palleteres per

minutt, altså et krav knyttet til effektivitet. Dette kravet er et utgangspunkt for å vurdere simuleringsstatus. Oppfylles dette i tillegg til at kollisjoner unngås, vil simuleringen få status som suksessfull. Bommers det på kravet, vil det derimot være behov for videre testing.

### 4.3 Stegene i simuleringsproduksjonen

Steg 1: Første steg i simuleringsproduksjonen er å lage en simuleringsfil som består av det foretrukne palleteringsmønsteret og simuleringskonfigurasjonen. Denne filen kjøres så på en virtuell robot ved hjelp av Rocketfarms programvare. Her blir den sjekket for kollisjoner og eventuelle andre problemer som kan oppstå. Om simuleringen ikke blir vellykket på første forsøk, blir endringer gjort (i konfigurasjonen og/eller i simuleringsmønsteret) og nye simuleringsfiler produsert og testet. Denne prosessen gjentas til man sitter igjen med en godkjent simulering. Dette er verifiseringsdelen av simuleringen.

Steg 2: Neste steg er visualisering. Etter at simuleringen er verifisert og godkjent, lages det en video av palleteringen.

Steg 3: Det siste steget i simuleringsreisa er å legge frem dataen som ble produsert gjennom simuleringen. Her blir det produsert en ytelsesrapport som presenterer relevant informasjon og data output. Denne sendes videre til kunden sammen med videoen og palleteringsmønsteret som ble brukt i den vellykkede simuleringen. Etter å ha mottatt simuleringsmaterialet, er målet at kunden skal ha et større beslutningsgrunnlag. I tillegg har kunden mulighet til å komme med tilbakemeldinger og eventuelle ønsker om å kjøre ny simulering med andre innstillinger dersom det er behov for det. På denne måten tar kunden aktivt del i optimaliseringsarbeidet. Ettersom alle prosjekt er unike, er det en fordel at kunden blir involvert i optimaliseringsarbeidet. Dette samspillet krever først og fremst god dialog, og krever følgelig ikke betydelig egeninnsats fra kunden.

## 5 Analyse

I denne delen skal funnene gjøres rede for. Disse blir så behandlet på en systematisk måte, ved hjelp av relevant analyseteknikk. I denne studien har det blitt brukt en tilnærming som ligner aksjonsforskning i forbindelse med casestudien, og analyseteknikken er preget av dette. Målet med å kombinere disse teknikkene var, som nevnt i metodekapitlet, å bruke casestudieteknikker til å generere nødvendig kunnskap om selve caset, samtidig som det var relevant å anvende aksjonsforskningsteknikk for å bidra til endring gjennom problemløsning.

For å belyse problemstillingen tas de aksjonsforskningsinspirerte fasene som ble introdusert i metodekapitlet i bruk her. Disse er: Bakgrunn og forarbeid, Utarbeiding og gjennomføring av simulering, og Vurdering og etterarbeid. Fasene er inspirert av Guttormsen et al. (2007) grunnmodell for aksjonsforskning, «*Det speilvendte sekstall*».

Innenfor hver av disse fasene, blir funnene kategorisert basert på det beskrivende rammeverket (Yin, 2014). Dette rammeverket består av tre kategorier basert på temaer som omhandlet relevante aspekter ved adopsjonsbeslutninger. Disse er: Investering, Usikkerhet knyttet til teknologien, og Cobot-teknologiens egnethet.

### 5.1 Bakgrunn og forarbeid

#### Kategori 1: Investering

Tidligere har bedriften gjort investeringer i andre typer roboter, noe som kan føre til en viss aversjon mot å utrangere disse før de opprinnelig hadde planlagt det:

*«Det kan jo også være at vi finner at kanskje noen av de linjene vi har store, tunge roboter på, kan erstattes med enklere UR10. Da har vi jo ødelagt en investering, men en eller annen gang vil jo de gamle investeringene gå ut på dato.»*

Gjennom intervjuet kommer det frem at digital tvilling-teknologi kan fungere som et verktøy som tester cobotens mulighetsområde. Det vil i praksis bety at man gjennom visualisering og data output vil kunne finne ut og kartlegge hvilke linjer som med fordel kan betjenes av coboter fremfor tyngre roboter. Gjennom ytelsesrapporter vil man kunne se i hvilken grad coboten møter de aktuelle effektivitetskravene (CPM-kravene). I forbindelse med palletering er dette blant de mest sentrale parameterne for å vurdere i hvilken grad palletering er

vellykket eller ikke. Kombinasjonen av visualisering og data output kan dermed vise seg å være en sentral del av arbeidet med å skaffe bekreftelse på palleteringsprosjektets gjennomførbarhet. Dette vil i så fall tjene en viktig funksjon i arbeidet med å verifisere potensielle prosjekt i en tidlig fase:

*«Ja, ja det gjør det. Du kan jo holde det opp det at viss vi da kjører i gang, og så holder det ikke mål. Den klarer ikke å holde unna. Så kan vi gå tilbake og se hvorfor det ikke fungerte som vi ville. Så er det lettere å finne ut hvor det gikk galt. Det er veldig trygt når vi står overfor en investering, skal vi gå for det eller ikke. Så har vi litt mer tyngde når vi skal selge inn idéen da.»*

Det som omtales her er et eksempel på hvordan digital tvilling-konseptet kan bidra til økt trygghet gjennom verifisering av potensielle palleteringsprosjekter. Dette er en måte å redusere usikkerheten i forbindelse med en investering. Ettersom simuleringsprogrammet til Rocketfarm er basert på den reelle programvarestabelen som driver den fysiske roboten, vil man gjennom resultatet av en simulering kunne si med sikkerhet om et palleteringsprosjekt er gjennomførbart eller ikke. I tillegg vil man kunne si noe om ytelsen og gjennom det gjøre lønnsomhetsberegninger på potensielle investeringer. Dette vil muliggjøre vurderinger av lønnsomhet og ROI, noe som også er med på å redusere usikkerheten forbundet med investeringen ytterligere.

## **Kategori 2: Usikkerhet knyttet til teknologien**

Som ved alle andre typer investeringer er også teknologiinvesteringer forbundet med en viss grad av usikkerhet. Dette er et aspekt som ikke skal underkommuniseres da risikovurderinger ofte spiller en sentral rolle ved adopsjonsbeslutninger. Når det snakkes om usikkerhet i forbindelse med adopsjon av cobots, knyttes den i mange tilfeller til driftssikkerheten. Informanten poengterer at mennesker har en del egenskaper en robot ikke vil kunne erstatte på en fullgod måte

*«Ja, det er jo det. Når du setter inn en robot istedenfor et menneske, så har jo menneske veldig mange «sensorer». Roboten har ikke øyner, lukt eller følelser eller noen ting. Vi prøver jo å starte med litt sensorikk, men vi kommer jo aldri der som et menneske er. Menneske kan jo se når ting går galt, de kan rette opp og korrigere alt det som måtte gå galt, roboten bare gir opp, den. Roboter er ikke alltid svaret, det må være når det er standardiserte prosesser, og de fungerer knirkefritt. Men vi har jo å*



*gjøre med kartonger som er organiske, eller det er ikke 100% likt alltid. Det kan være ulik temperatur, som gjør at de ikke oppfører seg helt likt. Altså, ting skjer, jeg kan vel bare si det. Det er jo stopp og feil som kanskje er den verste saken. Viss vi skal erstatte en operatør med en robot, så skal det jo funke hele veien. Det skal ikke være sånn at operatøren skal passe på roboten. Da har vi ikke oppnådd så mye. Så utfordringen kan være stabilitet, og tilnærmet feilfritt.»*

Her vektlegger han også hvordan mennesker gjennom sine egenskaper er bedre egnet til å håndtere uforutsette hendelser langs produksjonslinjen, gjennom å trekke frem produktegenskaper ved eskene som kan gjøre det utfordrende for coboten å gripe dem. Esker av organisk materialer kan ifølge informanten være utfordrende å håndtere, noe som kan by på utfordringer i møte med teknologien. Selv om teknologi i mange tilfeller kan være et verktøy for å forenkle arbeid, spesielt i standardiserte prosesser, som informanten understreker, vil det samtidig legges enkelte føringer for hva som er mulig og ikke. Gjennom å vise til menneskets sanser og det organiske materialet på eskene, illustrerer han noen av de utfordringene mennesker per i dag er bedre egnet til å løse.

I tillegg vil mennesker ha bedre forutsetninger for å løse uforutsette problemer. Dersom det oppstår en feil som ikke coboten er designet for å løse, vil den stoppe opp og stanse driften. Da vil det oppstå behov for å løse dette, noe som igjen resulterer i at mennesker må kobles inn. En slik stans vil i mange tilfeller påvirke flere deler av driften og er på grunn av dette lite gunstig. Derfor er det viktig at coboten er i stand til å operere i lengre perioder, uten at det oppstår behov for reparasjoner og lignende på grunn av uforutsette stopp i systemet. Gjennom intervjuet kommer det frem at stopp og feil kanskje er den aller største barrieren for adopsjon av automatiserte løsninger:

*«Altså, ting skjer, jeg kan vel bare si det. Det er jo stopp og feil som kanskje er den verste saken. Viss vi skal erstatte en operatør med en robot, så skal det jo funke hele veien. Det skal ikke være sånn at operatøren skal passe på roboten. Da har vi ikke oppnådd så mye. Så utfordringen kan være stabilitet, og tilnærmet feilfritt.»*

Skal en investering i cobot-teknologi skje, er derfor overbevisning om driftssikkerhet en sentral faktor. Driftssikkerhet kan være krevende å dokumentere i form av simuleringer, men ved hjelp av adopsjon av muliggjørende teknologi som cobots i kombinasjon med en

velfungerende kommunikasjonsprotokoll som kobler sammen systemene og maskinene, vil forutsetningene for å håndtere uforutsette utfordringer som dette bedres. Intensjonen med simuleringer i forbindelse med adopsjonsbeslutninger er blant annet at man kan vise hvordan coboten vil oppføre seg, og på den måten sikre at opplegget med palleteringsmønster og robotkonfigurasjon vil fungere i praksis. Når viktigheten av presis data output i kombinasjon visualiseringen ble diskutert, understreket informanten følgende:

*«... Du kan jo holde det opp det at viss vi da kjører i gang, og så holder det ikke mål. Den klarer ikke å holde unna (coboten). Så kan vi gå tilbake og se hvorfor det ikke fungerte som vi ville. Så er det lettere å finne ut hvor det gikk galt. Det er veldig trygt når vi står overfor en investering, skal vi gå for det eller ikke. Så har vi litt mer tyngde når vi skal selge inn idéen da.»*

Ved bruk av digital tvilling-teknologi vil man i mange tilfeller kunne ha en proaktiv tilnærming i prosjektoptimaliseringen, som vil si at potensielle feil vil bli kartlagt på et tidlig stadium gjennom simulering og datagenerering. Når denne dataen ligger til grunn, vil de ulike alternativene bli presentert på en oversiktlig måte. Basert på dette blir det utarbeidet ytelsesrapporter tilknyttet de ulike simuleringene som kan være til hjelp i forbindelse med beslutningstakingen.

### **Kategori 3: Cobot-teknologiens egnethet**

Hastigheten på varelinjene kan i enkelte tilfeller føre til utfordringer med å imøtekomme CPM-kravene. Før simuleringsarbeidet fant sted, kunne informanten fortelle om sine forventninger knyttet til simuleringsverktøyet:

*«At ut ifra den jobben du skal gjøre nå at vi finner ut at det er noen andre pakkemønster som er bedre egnet enn det vi trodde. Det som er helt «der oppe», de er jo ikke egnet, fordi de er for hurtige for deg. Og de som er langt «der nede» tror jeg i utgangspunktet det er for lite å gjøre. Men det kan jo hende du finner ut at de er veldig godt egnet for de der nede også. Så vi vil kanskje finne andre pakkelinjer enn de som ser ut som de opplagte linjene.»*

Informanten viser til et ønske om hvordan simuleringsteknologien kan bidra til å skaffe en bedre oversikt over hvilke deler av deres egne pakkelinjer som er egnet til cobot adopsjon. I tilfeller hvor det stilles svært høye krav til CPM, kan det finnes andre typer roboter som er

bedre egnet. Samtidig finnes det måter å kompensere for dette på, blant annet gjennom å tillate «multiple grip», innstillingen som gjør det mulig for coboten å gripe flere bokser samtidig. Dette fordrer også at den totale vekten av boksene som plukkes multippelt, ikke overstiger maksvekten. I tillegg vil de prefererte sikkerhetsinnstillingene legge rammer for hvilke hastigheter coboten kan kjøres med. Sikkerhetsinnstillingene påvirker igjen hvilke krav som stilles til sikkerhetstiltak. En cobot i «standard collaborative mode» vil kunne jobbe parallelt med mennesker uten krav om inngjerding, mens en cobot som kjøres på «least restricted» vil medføre krav om inngjerding. Dette står sentralt i vurdering av egnethet ettersom cobotens fotavtrykk vil avgjøre hvor mye plass installasjonen av coboten tar i produksjonslokalet. I forbindelse med cobotens egnethet, er det en annen faktor som viser seg viktig i forbindelse med adopsjon av palleteringscoboter, nemlig evnen til å omstille fra et produkt til et annet:

*«Flere varer på samme linje - omstillingshastighet viktig, noen varer er store og andre er små. Denne jobben løser menneske godt. På roboten må det gjøres en omstilling.»*

Informanten viser her til produktskiftene som i dag skjer langs Norturas pakkelinjer. Det vil si at det på én varelinje kan komme flere ulike produkter som skal palleteres ved samme endestasjon. For et menneske vil dette skiftet være naturlig da det uten videre beskjeder kan veksle mellom ulike produkter. Cobotene på sin side vil være avhengig av informasjon om et slikt produktskifte. I den forbindelse er det et sentralt punkt for informanten at denne omstillingen skal skje på en sømløs måte. I dette legges det vekt på at i hvilken grad coboten evner å løse denne omstillingen vil påvirke vurderingen av egnethet. Klarer den å veksle mellom produkter uten at dette må gjøres av en operatør, vil det være en fordel. Selv om spørsmålet om adopsjon eller ikke adopsjon av cobots er et dagsaktuelt spørsmål for bedriften, er informanten klar på opplevd effekt av cobotene de allerede har investert i:

*«Jeg vil si det er udelt positivt. De er blitt mottatt positivt. De er smidige, og de gjør jobben de blir satt til. Vi har jo ikke brukt coboter der vi har hatt det største trykket da. Der har vi brukt tradisjonelle roboter. Og coboter har jo kommet inn litt senere og, enn de tradisjonelle robotene. Men det vi har satt i drift, vi folk bare ha flere av. Sånn sett er det en fornøylig sak å få inn. Så rygger vi av og til tilbake og, tenker skulle vi gjerne ha løftet oss litt også laget en litt sånn større løsning da. Sikret den og håndtert paller inn og ut litt mer da. Men, jeg har tro på coboter i kombinasjon med saktekjørende trucker for eksempel, så begynner vi å snakke veldig gode*

*automasjonsløsninger. Raske å få opp og ja.»*

Gjennom svaret kommer det frem at produksjonslinjene med høyest trykk (høy hastighet på linjene), per i dag bemannes av tradisjonelle roboter. En implementering av cobots på disse linjene kan by på praktiske utfordringer. Dette fordrer nemlig en robot som klarer å pallettere i høyt tempo, noe som i enkelte tilfeller kan være utfordrende, gitt at cobots ideelt sett skal operere i samarbeidsmodus. Denne modusen pålegger coboten sikkerhetsmessige restriksjoner, noe som begrenser palletteringsaktiviteten på områder som hastighet og lastvekt. Restriksjonene er en del av sikkerhetsaspektet og er følgelig en av hovedgrunnene til at cobots egner seg godt i menneskelig interaksjon. Overstiges disse grensene, vil coboten gå ut av samarbeidsmodus og nødvendige sikkerhetstiltak må innføres. På den andre siden er det som nevnt tidligere, andre egenskaper ved en cobot som i noen tilfeller kan kompensere for saktere palletteringshastighet, som for eksempel å gripe flere bokser per syklus. For at dette skal være et alternativ, må dimensjonene på eskene i tillegg til vekt være innenfor det coboten klarer å håndtere.

Respondenten uttrykker også at han har tro på at coboter kan være en del av løsningen på automasjonsspørsmålet. I tillegg kommer det frem at bedriften har ambisjoner om å automatisere driften ytterligere:

*«...vi skal i hvert fall ha mer enn vi har i dag, viss ikke hadde jo ikke jeg hatt en jobb. Jeg skal jo jobbe for at vi har mer automatisering enn vi har i dag.»*

## **5.2 Utarbeiding og gjennomføring av simulering**

I forbindelse med simuleringsarbeid er det en del kriterier som skal oppfylles for at simuleringen skal defineres som vellykket. Derfor er det relevant å vise hvordan disse kriteriene ligger til grunn for simuleringsarbeidet. Dette ble gjennomført mellom det første og andre intervjuet.

### **Kategori 1: Investering**

I forbindelse med investeringer er et av områdene coboten vurderes på, effektivitet. Gjennom simuleringsverktøyet får man informasjon om hvor mange esker som palletteres per minutt (CpM), samt hvor lang tid det brukes per pall. Basert på dette kan bedrifter utarbeide økonomiske analyser for å estimere lønnsomheten før de eventuelt beslutter å gå til innkjøp av

cobots. På denne måten reduseres noe av den økonomiske risikoen forbundet med investeringen. Samtidig vil simuleringen gi en pekepinn på hva som er nødvendig av hardwarekomponenter. Noen palleteringsprosjekt krever eksempelvis løftesøyle for å kunne palletere paller med stor lasthøyde, mens det i andre prosjekter gjerne vil være behov for spesialproduserte gripere for å forbedre plukkene eller øke rekkevidden. Disse elementene kommer frem gjennom simuleringen og vil være relevante å ha informasjon om i forkant av en investering.

Ved investeringsbeslutninger kan også installasjonstiden ha innflytelse på beslutningen. Om en potensiell implementering er tidkrevende, vil dette i mange tilfeller kunne medføre midlertidig produksjonsstopp. Dette kan være kritisk ettersom maskinell nedetid gir konsekvenser i form av økonomisk tap. Derfor er verifisering vesentlig i simuleringsarbeidet, da dette vil resultere i redusert tidsbruk i forbindelse med installasjon av coboten.

Alle elementene i denne kategorien var aktuelle og ble vektlagt ved utarbeidelse av simuleringer for Nortura.

## **Kategori 2: Usikkerhet knyttet til teknologien**

Når det produseres simuleringer, er hovedfokus å teste gjennomførbarheten til det aktuelle palleteringsprosjektet ved hjelp av en virtuell cobot. For at simuleringsresultatet skal bli så reelt som mulig, er arkitekturen bak den virtuelle roboten sentral i forbindelse med å skape troverdighet. Derfor er Rocketfarms simuleringsverktøy bygd opp som en digital tvilling, der programvare- og maskinvarespesifikasjonene er de samme som blir brukt på fysiske cobots. På denne måten sikres simuleringens integritet, noe som vektlegges i stor grad i arbeidet med å foreslå palleteringsløsninger for kundene. I tillegg er det visuelle aspektet svært sentralt. Gjennom 3D-visualiseringen kan hardwarekomponentene ses i minste detalj. Dette gir en ganske god indikasjon på hvordan installasjonen vil se ut i virkeligheten, noe som kan være sentralt for å få frem de fysiske attributtene til coboten. For eksempel vil det arealmessige fotavtrykket til installasjonen komme til uttrykk, noe som i mange tilfeller er et sterkt argument for å adoptere cobots. Samtidig er bevegelsesmønstrene til roboten identiske til hva de ville vært på en fysisk installasjon med samme innstillingene. At kinematikken (bevegelsen til coboten, bane og tidsvariabler) også presenteres på et så detaljert nivå, styrker troverdigheten ytterligere. På den måten kan man se de faktiske banene roboten tar gjennom hele palleteringen, noe som bidrar til å gi simuleringen ytterligere autentisk preg.

Ettersom usikkerheten knyttet til simuleringsteknologien påvirker verdien av data outputen i beslutningsprosessen, var det et sentralt fokusområde ved simuleringsarbeidet. En troverdig simulering vil ha større verdi for beslutningstaker, ettersom det er med på å redusere usikkerheten knyttet til cobots gjennom visualisering og data output. Derfor var troverdighet sentralt i utarbeidelsen og gjennomføringen av simulering for Nortura.

### **Kategori 3: Cobot-teknologiens egnethet**

Simulering handler også om å vise i hvilken grad cobots egner seg for ulike palleteringsprosjekter. Når man vurderer egnethet, er det først og fremst sentralt å sjekke om det aktuelle palleteringsprosjektet er gjennomførbart for coboten. I den forbindelse har ofte bedrifter krav som legger føringer for hvor effektiv coboten må være (CpM-krav). Dette er et viktig element ettersom produktiviteten er et sentralt punkt ved automatisering. I tillegg er det for bedrifter aktuelt å se på arealbruken til coboten, også kalt fotavtrykket. Gjennom visualiseringen skapes det et inntrykk av hvor mye plass coboten krever. Dersom bedriftene som vurderer adopsjon av cobots har utfordringer knyttet til arealbruken, vil dette være en styrke ved cobotene ettersom installasjonene er lite plasskrevende.

Det fleste simuleringer testes først med standardinnstillinger, som er basert på de innstillingene som oftest gir vellykkede simuleringer. Dersom disse robotinnstillingene ikke gir et vellykket simuleringsresultat, gjøres det endringer for å se om prosjektet lar seg gjennomføre med spesialtilpassede innstillinger. Denne prosessen gjentas til det foreligger en vellykket simulering. Om det derimot ikke er mulig å produsere en vellykket simulering ved å endre robotinnstillingene, kan det vurderes om det er aktuelt gjøre endringer i palleteringsmønsteret. Noen mønstre er bedre egnet for cobotpalletering enn andre, og dette er noe som kan tas høyde for ved ønske om adopsjon av cobots. I forbindelse med mønsteroptimalisering, er det viktig å ta høyde for at endringer i stablemetode, kan påvirke stabiliteten til lasten på pallen. I tillegg vil det ved noen palleteringsprosjekter foreligge et krav om at etiketten på eskene skal være synlige på utsiden av stabelen. Dette vil legge føringer for hvordan disse eskene kan plasseres på pallen. Elementer som dette må alle tas høyde for i simuleringsarbeidet.

I simuleringsarbeidet mot Nortura, har det blitt vektlagt å vise i hvilken grad cobotadopsjon er forenlig med Norturas pakkelinjer. Denne forenligheten har blitt presentert for informanten på en forsøksvis oversiktlig måte. I presentasjonen ble oppnådd CpM, robotinnstillinger,

hardwarekomponenter, software og palleteringsmønster lagt frem. Presentasjonen bestod av et utvalg produkter der CpM-krav, samt vekt og eskedimensjoner var forenlig med cobotpalletering. Under presentasjonen ytret informanten et ønske om å også få en oversikt over produkter som ikke lot seg palletere ved hjelp av en cobot. Dette ble presentert for han i forbindelse med intervju nummer to. Med oversikten over produktene som ikke lot seg palletere fulgte det også en kort forklaring om årsaken til dette.

Informasjon som kommer frem gjennom simuleringer er:

- CpM og tid per pall
- Hardwaredetaljer: monteringshøyde, griperstype, griperoffset, base og løftesøyle.
- Installasjonsdetaljer: høyde transportband, avstand fra robot til transportband og hvilken retning transportbandet kommer fra.
- Softwaredetaljer: Robotens operativsystem og programvareversjon.
- Robotinnstillinger: maksgrep, griperoptimalisering, hastighet og akselerasjon

### 5.3 Vurdering av prosessen

#### Kategori 1: Investering

Inntrykket informanten sitter igjen med etter simuleringen er at den virker solid. Han følger også opp med å stille meg et oppfølgingsspørsmål:

*«Da du har laget disse simuleringene, har du bygd opp hele paternet (palleteringsmønsteret), så da er jobben gjort med å lage mønsteret for disse esketyperne?»*

Svaret jeg da gir han er at mønstrene er replikaer av de mønstrene han sendte meg i forkant av simuleringsproduksjonen. Det vil si at mønstrene i simuleringen er identiske med stablene som finnes i dagens Nortura-lokaler. Dette er en forutsetning for at simuleringene skal bli så virkelighetsnære som mulig, samtidig som det tjener et annet formål, nemlig at man gjennom simuleringen kutter et ledd i implementeringsfasen. Dermed vil det eneste som gjenstår ved en eventuell investering være lisenser, hardware-kostnader og selve installeringen.

Verifiseringsjobben som gjøres i forbindelse med simuleringsarbeidet, vil da fjerne behovet for at dette må gjøres etter installasjon. Informanten så på dette som en stor fordel ettersom det i praksis ville redusere eller fjerne programmeringsbehovet ved adopsjon av cobots, noe

som vil korte ned på installasjonstiden. I forbindelse med potensielle investeringer i cobots, bekreftes det gjennom intervjuet at den korte installasjonstiden kan være avgjørende for adopsjonsbeslutningen.

På spørsmål om hvilke modenheitsanalyser som er gjennomført hos Nortura har ikke informanten noe konkret å vise til. Han forteller derimot at intensjonen likevel er å øke automasjonsgraden ytterligere i tiden som kommer:

*«... alle plassene vi har automasjon – vi kunne aldri tenke oss ta vekk den automasjonen å sette mennesker inn til å gjøre den jobben. Så vi vil jo fortsette den veien å gå da.»*

Basert på erfaringen knyttet til de områdene som allerede har blitt automatisert, tror informanten at dette vil være veien å gå, også i fremtiden. Frem til i dag har linjer med høyt trykk (høyt CPM-krav) blitt ansett som mindre egnet for cobots. I hovedsak har adopsjon av cobots vært mest aktuelt på linjene med litt lavere hastighet, og kanskje til og med de linjene med aller lavest hastighet. Hos Nortura vil det på disse linjene være gunstig å ta i bruk cobots for å slippe å binde opp menneskelig arbeidskraft på et område der behovet for dette i utgangspunktet er lavt.

## **Kategori 2: Usikkerhet knyttet til teknologien**

Når det kommer til usikkerhet forbundet med selve simuleringen er det snakk om en litt annen type enn driftssikkerheten som ble skissert i intervju nummer 1, nemlig usikkerhet i forbindelse med simuleringsverktøyet. Skal et simuleringsverktøy ha en sentral posisjon i beslutningsprosesser knyttet til teknologiadopsjon, er det vesentlig at brukerne har tillit til simuleringen og den produserte dataen. Har de det, kan beslutninger i større grad tas basert på informasjonen som blir tilgjengeliggjort gjennom simuleringen. Pålitelighet er derfor en nøkkelfaktor for gyldighet.

I den forbindelse var også informanten interessert i å vite noe om arkitekturen bak simuleringsverktøyet, noe jeg etter beste evne prøvde å forklare. Ettersom min rolle i forbindelse med simuleringsarbeid hos Rocketfarm i hovedsak har dreiet seg om bruken av simuleringsverktøyet, har jeg ikke vært direkte involvert i backend-utviklingen av det. Samtidig har jeg prøvd å sette meg inn i hvordan det er oppbygd. Selv om forklaringen jeg gav han kanskje ikke var fullgod, understreker likevel fagsjefen for automasjon og



robotisering hos Nortura at han har tillit til Rocketfarms simuleringstøyt:

*«Ja, dette her virker veldig tillitskapende. Jeg har jo sett det i drift også, så det hjelper jo litt på. Men det viss jeg kan gå til en ny linje og si at her kan vi sette opp en sånn maskin (cobot) så kan vi lettere se det for oss, hvordan dette blir.»*

Han viser til cobotene som allerede er i drift hos Nortura i dag, og hvordan erfaringene med disse også er med på å skape trygghet rundt simuleringene. I tillegg nevner han at målsatte tegninger ville vært et passende supplement i ytelsesrapporten som presenterer de ulike palleteringsresultatene. Han understreker også at dette vil være lett for Rocketfarm å oppdrive, og at det derfor ikke oppleves som en svekkelse av beslutningsgrunnlaget slik han ser det.

### **Kategori 3: Cobot-teknologiens egnethet**

Gjennom visualiseringen i simuleringen får informanten et inntrykk av arealbruken til coboten. Dette er et sentralt element i forbindelse med beslutningen om adopsjon, da plassmangel er en kjent utfordring i deres lokaler. Av videoen får informanten en bekreftelse på at coboten bruker vesentlig mindre plass enn enkelte av de tradisjonelle robotene. Han forteller også om at de tyngre installasjonene i praksis kan føre til nedsatt tilpasningsevne, noe som kan prege driften på lengre sikt:

*«... plass er jo alltid et problem hos oss. Så det å ha små, nette roboter som kan gjøre oppgavene og at vi raskt kan omstille de, ikke minst, det er jo veldig bra. Kjører vi noen store, tunge installasjoner med inngjerding og sånt, så blir det gjerne stående i årevis uten at de blir tilpasset. Så, det å ha nette, små coboter så er det mye mer smidig.»*

Arealbruken knyttet til de større installasjonene kan altså ha betydning for fleksibiliteten. På grunn av sin omstillingsevne endrer cobotene forutsetningene for tilpasning av driften. For informanten er dette et sentralt argument i diskusjonen om cobotens egnethet hos Nortura, en bedrift der produksjonen stadig endres.

## 6 Drøfting

Den overordnede hensikten med automatisering og robotisering er å øke produktiviteten og løse oppgaver som ikke er egnet for manuelt arbeid (SINTEF, u.å.a). Basert på dette er palleteringsoppgaven det perfekte emnet for å skape diskusjon rundt temaet. Ikke bare er det en oppgave hvor produktivitet er et nøkkelement, det er også en oppgave preget av repetitivt og lite helsebringende arbeid. Til sammen gjør disse faktorene palletering til en oppgave perfekt for en cobot. Likevel ser det ut til å være flere faktorer som påvirker lederes intensjoner om adopsjon av disse og andre muliggjørende teknologier. I denne oppgaven har vi sett på bakgrunnen for dette og hvordan et simuleringsverktøy basert på digital tvilling-konseptet kan bidra til å heve beslutningsgrunnlaget i forbindelse med investering i cobots. Funnene vil bli drøftet innen de tre kategoriene: Investering, Usikkerhet knyttet til teknologien, og Cobot-teknologiens egnethet.

### **Investering**

Tidligere studier (Simões et al., 2020) har fremhevet det økonomiske aspektet som vesentlig i forbindelse med teknologiadopsjon. Økt produktivitet og effektivitet i kombinasjon med prediktivt vedlikehold resulterer økt lønnsomhet for bedriftene (Adamik & Nowicki, 2018). Likevel ser vi store forskjeller i automasjonsgrad og anvendelse av industri 4.0-teknologi.

En utfordring knyttet til adopsjon er villigheten til å gjøre endringer i dagens utstyrspark. I noen tilfeller vil en investering i ny teknologi medføre at man må bytte ut den gamle, og at dette kan oppleves som en tapt investering. På den andre siden kan den nye teknologien likevel bidra til forbedret inntjening. På bakgrunn av dette kan det argumenteres for at adopsjon er en fornuftig vei å gå, selv om det i enkelte tilfeller vil bety at man ikke får maksimert nytten av tidligere investeringer. Gjennom intervjuet med Nortura kommer det frem at investeringer i ny teknologi i noen tilfeller må gjøres på bekostning av tidligere investeringer og at dette kan oppleves som et tap. Denne logikken er forståelig, men ettersom Sjödin et al. (2018) omtaler sammenkoblede teknologier som selve fundamentet for smart factory implementation kan en slik tankegang i noen tilfeller fungere mot sin hensikt, særlig viss det gjelder eldre maskiner som ikke lever opp til dagens teknologiske standard. Når det er sagt, vil denne tankegangen sannsynligvis være mest gjeldende for investeringer gjort i nyere tid, og teknologien som erstattes vil nok i mange tilfeller også være forenlig med datautveksling. I et slikt tilfelle vil man kunne gjøre kost-nytte-baserte vurderinger der man

blant annet bruker data outputen fra simuleringen til å vurdere gunstigheten av den aktuelle investeringen.

Selv om det er en del innlysende fordeler med det å modernisere utstyrsparken gjennom investeringer i teknologi, er det ikke gitt at automasjon forbedrer alle aspekter ved den operasjonelle driften. Blant de mest innlysende fordelene med å ha mennesker knyttet til operasjonelle prosesser, er evnen til å løse uforutsette problemer. Likefullt er et område som i stor grad påvirkes av automatiseringsgraden, stabilitet i den operasjonelle produktiviteten. Redusert maskinell nedetid i kombinasjon med prediktivt vedlikehold, er nemlig blant fordelene som kan oppnås ved bruk av muliggjørende teknologier (Adamik & Nowicki, 2018). Gjennom intervjuet med fagsjef for robotisering og automasjon hos Nortura kom det frem at stopp og feil potensielt var blant det verste sakene ved automasjon. Dette underbygger viktigheten av driftssikkerhet og operasjonell stabilitet, noe som er elementære faktorer for å opprettholde normal drift. Samtidig er det nettopp driftssikkerheten muliggjørende teknologier prøver å ivareta gjennom for eksempel prediktivt vedlikehold. I tillegg er det andre aspekter ved adopsjon av avansert produksjonsteknologi (AMT), nemlig sammenhengen mellom adopsjonstilnærming og konkurransekraft (Cheng et al., 2018; Hofmann & Orr, 2005; Sjödin et al., 2018). Konkurransefortrinnene oppnås som et resultat av blant annet økt fleksibilitet, maskinutnyttelse, kostnadsreduksjoner og tidsbesparelse. Derfor kan det argumenteres for at den teknologiske tilnærmingen bedriftene velger ikke bare vil være viktig for at den operasjonelle driften opprettholdes, den kan i ytterste konsekvens være avgjørende for eksistensen til bedriften. På den andre siden er det viktig å understreke at en helautomatisert drift ikke nødvendigvis vil være optimalt det heller. Dette understrekes av Goldberg (2019) som poengterer at roboter, tross den enorme utviklingen, ikke vil være i stand til å fullt ut erstatte de unike menneskelige egenskapene når det kommer til oppfattelse og kommunikasjonsferdigheter. Derfor kan det anses som utopisk og lite formålstjenlig å etterstrebe helautomatisert drift gjennom teknologiadopsjon. En naturlig strategi kan derimot være å velge en tilnærming som legger til rette for trygg interaksjon mellom menneske og robot (Kildal et al., 2018).

Nye investeringer fordrer ofte at det må gjøres en del arbeid i fabrikklokalet før den nye maskinen kan tas i bruk. Et vesentlig poeng her er den lave installasjonstiden som muliggjøres gjennom digital tvilling-konseptet Rocketfarms simulator baseres på. For cobots vil denne utfordringen reduseres til et minimum, ettersom valideringsarbeidet gjennomføres før installasjon og på den måten dekker programmeringsbehovet. At bedriften som vurderer

adopsjon får tilsendt et ferdig testet palleteringsmønster som oppfyller deres kravspesifikasjoner er med på å bryte ned deler av adopsjonsbarrieren og redusere usikkerhet i forbindelse med adopsjonsbeslutningen. Denne praksisen kan assosieres med Moore (2017) som fremhevet visualisering som en bidragsyter for strategisk beslutningsstøtte gjennom effektiv håndtering og analyse av stordata.

Når digital tvilling-konseptet diskuteres i forbindelse med adopsjonsbeslutninger, er det flere aspekter som bør trekkes frem. Rocketfarms proof of concept, er et simuleringsverktøy som i realiteten er en virtuell kopi av coboten. Ved hjelp av dette kan palleteringsprosjekt verifiseres i en tidlig fase, og på den måten akselerere adopsjonsprosessen. Simuleringen blir dokumentert gjennom ytelsesrapporter i kombinasjon med visualisering, noe som gjennom intervjuet bekreftes som effektive virkemidler i forbindelse med innsalg av cobots. Dette bekrefter påstanden til West et al. (2021), om at visualisering er et effektivt verktøy for akselerasjon av adopsjonsprosesser.

På den andre siden er det viktig at potensielle investeringer gjøres med hensyn til bedriftens forretningsmål, ettersom investeringsmønstrene kan påvirke ytelsesgevinstene (Cheng et al., 2018). Dermed er det ikke nødvendigvis hensiktsmessig å foreta store investeringer i teknologi som ikke er forenlige med bedriftens langsiktige strategi. For Norturas del kommer det frem at maskinenes fotavtrykk er sentralt, og at dette derfor bør være ett av kriteriene i forbindelse med mulige investeringer. Da vil de kunne eliminere en del alternativer, samtidig som at aktuelle løsninger blir fremhevet. Dette er en av de elementene informanten trakk frem som styrker i forbindelse med simuleringen, nemlig at denne filteringsprosessen ble mindre omfattende som et resultat av data output og visualisering. Gjennom visualisering fikk informanten et inntrykk av cobotens størrelse og hvordan den opererte, og basert på dette kunne de gjøre seg opp en mening om i hvilken denne løsningen var forenlig med deres interesser. I tillegg gjorde Norturas kravspesifikasjoner det mulig for meg, ved hjelp av simuleringsverktøyet, å eliminere de produktene i Norturas produksjon som ikke var forenlig med cobot-adopsjon. Resultatet av dette er at man sitter igjen med færre valg som skal tas i forbindelse med potensielle investeringer, og på den måte reduserer beslutningstiden.

Cheng et al. (2018) legger derfor til at en inkrementell tilnærming til teknologiadopsjon kan være veien å gå, da forbedringer i ytelse ofte kommer som en følge av moderate investeringer over lengre tid. Samtidig omtales sammenkoblet teknologi av Sjödin et al. (2018) som selve fundamentet for implementering av smartproduksjon. Basert på dette er det nærliggende at

dette bør inngå som et sentralt punkt i investeringsstrategien til bedrifter som ønsker å maksimere det teknologiske potensialet. En naturlig måte å rettferdiggjøre en investering i teknologi på, er eksempelvis å se på hvordan den aktuelle teknologien kan forbedre dagens situasjon. Fagsjef for automatisering og robotisering hos Nortura nevner i intervjuet viktigheten av dette. Ved diskusjon rundt nytten av simuleringsdata trekker han frem en sentral problemstilling - omstilling fra palletering av en produkttype til en annen. På linjer som blir brukt til palletering av esker med forskjellige dimensjoner, er de i dag avhengige av å gjennomføre omstillinger flere ganger i løpet av dagen. I den sammenheng stiller han spørsmål til hvordan dette kan håndteres med cobots. Løsningen på dette er nettopp det Sjödin et al., (2018) poengterer, sammenkoblet teknologi. Ved hjelp av kommunikasjon mellom coboten og systemet, vil en slik omstilling skje sømløst, uten behov menneskelig innblanding. Gjennom denne typen maskin til maskin-kommunikasjon blir oppgaven automatisert, og på den måten er man ikke avhengige av å ha operatører som gjennomfører disse skiftene. Men dette fordrer at infrastrukturen i fabrikken er på et nivå som muliggjør slike sammenkoblinger. Grep som dette er blant nøklene for å dra nytte av mulighetene som kommer med gjennom Industri 4.0.

### **Usikkerhet knyttet til teknologien**

På den ene siden vil simuleringsverktøy som det Rocketfarm tilbyr fungere som verifiseringsverktøy i forkant av eventuelle investeringer i cobots. Det vil fungere som beslutningsstøtte både i en tidlig designfase, men potensielt også senere som utgangspunkt i for eksempel lønnsomhetsanalyser. På den andre siden er det derimot elementer ved beslutningstakingen som ikke dekkes av simuleringer. Eksempler på dette er usikkerheten knyttet til driftssikkerhet. I Nortura sitt tilfelle har de det privilegiet at de allerede har noen års erfaring med cobots. Basert på den erfaringen erkjenner de at cobotene har vært et positivt tilskudd i maskinparken. Men dersom det er slik at Nortura kan vise til utelukkende positive erfaringer med cobots, hvordan har det seg da at de ikke har investert tyngre i denne teknologien? Svaret på det er sammensatt. Basert på teorien på feltet og elementene som kom frem under intervjuene med fagsjefen for automasjon og robotisering kan det konkluderes med at det er flere elementer som spiller inn. Tidligere forskning peker på at barrierer kan knyttes til organisatoriske endringer, kompetansekrav og adopsjonskostnader (Moore, 2017). Først og fremst skal det sies at adopsjon av cobots ikke krever inngrepene endringer organisatorisk. For det andre besitter nok Nortura mer enn nok kompetanse til å ta i bruk cobots i større skala. Og for det tredje er cobots en relativt billig teknologi å adoptere. På den

andre siden tillegger Simões et al. (2020) støtte fra toppledelsen, IT-kompetanse og bedrifters evne til å støtte nye idéer som mulige påvirkere av intensjonen om cobotadopsjon. Bakgrunnen for at adopsjon lar vente på seg, kan med andre ord være kompleks og sammensatt.

### **Cobot-teknologiens egnethet**

Når cobot-teknologiens egnethet skal drøftes, er det viktig å se på teknologien som en del av helheten. Med det menes at coboten i seg selv ikke nødvendigvis vil være nøkkelen til effektivitetsmaksimering, men at den sammen med andre former for muliggjørende teknologier kan bidra til å frigjøre det operasjonelle potensialet.

Et argument mot cobot-adopsjon kan være at begrensninger knyttet til last og sikkerhet gjør tradisjonelle industrielle roboter bedre egnet for pakkelinjer med tunge produkter og/eller høy linjehastighet. I tilfeller hvor det stilles høye krav til palleteringshastighet, vil det noen ganger være umulig for en cobot å oppfylle CPM-kravene. Da vil coboten i praksis bli en flaskehals og adopsjon utelukkes. For at en cobot skal operere i det som kalles samarbeidsmodus, kreves det at den ikke overgår en maksimumsgrense for operativ hastighet. Coboten er designet for å kunne jobbe i samspill med mennesker uten krav til sikkerhetstiltak som inngjerding og lignende. Likevel er det mulig for coboter å operere utenfor samarbeidsmodus, men det vil medføre ekstra sikkerhetstiltak som for eksempel inngjerding. På den andre siden finnes det måter å kompensere for lav hastighet. Et konkret tiltak er å øke antallet esker som plukker per syklus. Det vil si at griperen plukker flere esker på en gang, noe som vil øke antallet bokser palletert per minutt betraktelig. I en situasjon der tiltak som dette er nødvendig, kan visualisering og data output gi en ekstra forsikring om at løsningen fungerer. Da vil den digitale tvillingen forenkle innsalget i form av økt beslutningsgrunnlag, noe som underbygges av funn i denne studien, samt tidligere forskning (West et al., 2021).

Samtidig er andre gunstige aspekter ved å modernisere maskinene og systemene i utstyrsparken. Eksempelvis vil datadeling langs verdikjedene forenkle arbeidet med ressurs- og prosessoptimalisering, noe som er blant de mest sentrale suksesskriteriene for effektivisering. Ved hjelp av muliggjørende teknologier som for eksempel OPC-teknologi kan automatisert kommunikasjonsflyt sikres på tvers av enheter knyttet til produksjonen. Den nyeste standarden innen OPC-teknologi er OPC UA. I praksis gjør den plattformuavhengige teknologien det mulig å skape totalløsninger som legger til rette for optimalisert drift gjennom

datautveksling, noe som er avgjørende for å realisere det teknologiske potensialet. På den andre siden er man da avhengige av å ha en oppdatert utstyrspark som er kompatibel med OPC UA. Dette fordrer at det allerede er gjort investeringer som legger til rette for en slik kommunikasjonsflyt, og er følgelig en utfordring knyttet til infrastruktur.

Analysen viser at det er tre overordnede kategorier som er viktige for bedrifter som er i en adopsjonsprosess. Disse er investering, usikkerhet knyttet til teknologien og cobot-teknologiens egnethet.

Gjennom analysen kommer det også frem at følgende elementer med fordel kunne kommet tydeligere frem gjennom presentasjon av simuleringsresultatet:

- Fotavtrykk-oversikt på ytelsesrapporten med størrelsesmål
- Visualisering av omstilling fra et produkt til et annet

Basert på tilbakemeldinger fra informantene ville dette kunne hevet beslutningsgrunnlaget ytterligere.

## 7 Konklusjon

Formålet med studien er å bidra til å øke kunnskap om hvordan digital tvilling- og simuleringsteknologi kan påvirke beslutningsprosessen knyttet til adopsjon av Industri 4.0-teknologi. Dette ble gjort i en industri 4.0-kontekst, der sammenhengen mellom bedrifters adopsjonstilnærming og konkurransekraft var det empiriske bakteppet. Å fremheve hvilke muligheter og barrierer som påvirket intensjonen om teknologiadopsjon var også hensiktsmessig for å undersøke hva som gjorde at adopsjonsbeslutninger til en tidkrevende prosess. I denne undersøkelsen har jeg gjennom intervjuer, simuleringspresentasjon og feedback, belyst hvordan digital tvilling-teknologi kan bidra til å heve beslutningsgrunnlaget i forbindelse med adopsjon av cobots. Følgende problemstilling er belyst: *Hvordan kan teknologiadopsjon fremskyndes ved hjelp av et digital tvilling-basert simuleringstøytøy?*

I den forbindelse har jeg gjort fem funn som presenteres i avsnittene under. Funnene er kategorisert på samme måte som i analyse- og drøftedelen.

### **Investering**

Det første hovedfunnet omhandler *infrastruktur*. Når adopsjon av teknologi vurderes, gjøres det gjerne opp imot nytten av å beholde nåværende maskiner. Dette er en del av rettferdiggjørelsen av investeringen, og er således en naturlig del av beslutningsprosessen. Samtidig kan det være utfordrende å erstatte eksisterende maskiner i utstyrsparken, da dette også er investeringer gjort for å tjene bedriften i et lengre perspektiv. Likefullt er det nødvendig å fornye infrastrukturen i takt med den teknologiske utviklingen, da dette er et kriterium for å dra nytte av mulighetene i industri 4.0. Derfor kan bedrifter være i stand til å opprettholde og gradvis forbedre den operasjonelle driften, gjennom en inkrementell tilnærming til teknologiadopsjon, noe som vil være gunstig for konkurransekraften. Dette må tas høyde for i utarbeidelse av investeringsstrategien.

Det andre hovedfunnet omhandler *installasjonstid*. At palleteringsmønsteret produseres, testes og valideres i forkant av en eventuell investering reduserer tidsbruken i forbindelse med installasjon gjennom redusert behov for programmeringsarbeid. Resultatet av dette er at den maskinelle nedetiden minimeres, som vil være gunstig for å minimere inntektstapet i forbindelse med installasjon.



## Usikkerhet knyttet til teknologien

Det tredje hovedfunnet omhandler teknologiens *pålitelighet*. For at teknologi skal tjene den tiltenkte nytten, er det et vesentlig poeng at den er pålitelig. I dette legges det at simuleringsverktøyet er en presis og troverdig fremstilling av det den representerer, i denne oppgaven cobots. Det samme gjelder beslutningstakerens oppfatning coboten i forbindelse med palleteringsoppgaver. Blir ikke coboten forbundet med driftssikkerhet, vil dette svekke cobotens kandidatur ved en adopsjonsbeslutning.

## Cobot-teknologiens egnethet

Det fjerde hovedfunnet omhandler cobot-teknologiens *omstillingsevne*. Med omstillingsevne menes tiden det tar å omstille coboten i forbindelse med produktskifter ved varelinjen. Dette er en tilleggsopplysning som ikke kommer frem gjennom simuleringen, men som vektlegges i forbindelse med adopsjonsbeslutninger. Det vil være hensiktsmessig å kunne rettferdiggjøre investeringen økonomisk ved å vise til ressursbesparelse. Ved å automatisere produktskiftene vil dette bli en autonom prosess som ikke stiller krav til menneskelig innblanding. En teknologi som kan løse denne utfordringen, er OPC UA som muliggjør kommunikasjon mellom coboten og systemet, og dette er således en styrke ved cobot-teknologien. Dette omhandler egenskaper som går på cobotens egnethet for å løse oppgaver for Nortura. Til ettertanke er dette en produktenskap ved cobots som i fremtiden kan innlemmes som en del av simuleringsverktøyet.

Det femte og siste hovedfunnet omhandler cobotens *fotavtrykk*. Plassbesparelse er et sentralt tema i forkant av adopsjonsbeslutninger. Gjennom visualisering av palleteringen, vil det skapes et inntrykk av størrelsen på coboten, en faktor som potensielt kan påvirke adopsjonsbeslutningen. Fotavtrykket vil være fordelaktig å få tallfestet i ytelsesrapporten, da dette vil heve informasjonsgrunnlaget i forbindelse med beslutningstakingen ytterligere.

I denne undersøkelsen har jeg gjennom intervjuer, simuleringspresentasjon og feedback, belyst hvordan digital tvilling-teknologi kan bidra til å heve beslutningsgrunnlaget i forbindelse med adopsjon av cobots. For å opprettholde konkurransekraft, er bedrifter avhengige av å velge adopsjonstilnærminger som legger til rette for trinnvis forbedring av den teknologiske infrastrukturen. Gjennom undersøkelsen kommer det frem at hovedbidraget til simuleringsverktøyet er å redusere usikkerhet ved å skape oversikt gjennom visualisering og data output. Samtidig spiller verifiseringsaspektet en sentral rolle ved testing av

gjennomførbarhet og mulighetsområdene til cobots, samtidig som at det korter ned installasjonstiden, og tydeliggjør andre sentrale egenskaper ved cobots. Dette resulterer i at simuleringverktøyet blir vurdert som et nyttig supplement i beslutningstakingsprosessen til Nortura.

## 7.1 Studiens begrensninger

Studiens bidrag kommer med begrensninger. Studien er en gjennomgang av hvordan digital tvilling kan bidra til å påvirke beslutningsprosessen knyttet til adopsjon av cobots i den aktuelle bedriften. Samtidig skal det påpekes at studien ikke bygges på et sannsynlighetsutvalg, og funnene kan således ikke generaliseres. Det er likevel grunnlag for at enkelte aspekter ved denne undersøkelsen kan være gyldige for andre enheter enn de representert her.

Av ressursmessige omsyn er studien begrenset til å gjelde et simuleringverktøy bygget for å akselerere adopsjon av cobots for bruk til palletering. Overføringsverdien til adopsjon av andre typer produksjonsteknologi er derfor ikke vektlagt. På samme tid var det naturlig å belyse bredere adopsjonsaspekter i teorikapitlet. Dette ble gjort ettersom det gjennom tidligere forskning kom frem adopsjonsteori som var relevant for å belyse denne oppgavens problemstilling. Selv om funnene fra denne studien ikke kan overføres til andre teknologier, er det altså flere aspekter i generell adopsjonsteori som også gjelder for adopsjon av cobots.

## 7.2 Forslag til videre forskning

Basert på denne studien kan forskere lage kvantitative undersøkelser for å undersøke om funnene i denne studien kan generaliseres. Dette kan gjøres ved å ta for seg et større utvalg i tilsvarende situasjon som Nortura (transformasjonsfase mot industri 4.0), for så å se hvorvidt resultatene er gyldige også for en større populasjon.

I tillegg kan visualisering som West et al. (2021) også understreket, undersøkes ytterligere i dybden. Selv om denne studien bekrefter at visualisering påvirker beslutningsgrunnlaget i positiv retning, mangler det empirisk grunnlag for å hevde noe om i hvor stor grad det påvirker beslutningen. Måten dette kan testes på ved senere anledninger, er å isolere visualisering som en variabel og undersøke hvordan ulike visualiseringer påvirker utfallet av beslutningen.

## Referanseliste

- Adamik, A. & Nowicki, M. (2018). Preparedness of companies for digital transformation and creating a competitive advantage in the age of Industry 4.0. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, 12(1), 10–24.
- Allen, L., Atkinson, J., Jayasundara, D., Cordiner, J. & Moghadam, P. Z. (2021). Data visualization for Industry 4.0: A stepping-stone toward a digital future, bridging the gap between academia and industry. *Patterns*, 2(5), 100266.
- Andersen, S. S. (2013). *Casestudier—Forskningsstrategi, generalisering og forklaring* (2.). Fagbokforlaget.
- Arvanitis, S., Hollenstein, H. & Lenz, S. (2002). The effectiveness of government promotion of advanced manufacturing technologies (AMT): An economic analysis based on Swiss micro data. *Small Business Economics*, 19(4), 321–340.
- Aspøy, T. M. & Andersen, R. K. (2015). *Digital kompetanse i arbeidslivet*. Fafo-rapport.
- Barricelli, B. R., Casiraghi, E. & Fogli, D. (2019). A survey on digital twin: Definitions, characteristics, applications, and design implications. *IEEE Access*, 7, 167653–167671.
- Bauer, W., Bender, M., Braun, M., Rally, P. & Scholtz, O. (2016). Lightweight robots in manual assembly—best to start simply. *Fraunhofer-Institut Für Arbeitswirtschaft Und Organisation IAO, Stuttgart*.
- Buer, S.-V., Semini, M., Strandhagen, J. O. & Sgarbossa, F. (2021). The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance. *International Journal of Production Research*, 59(7), 1976–1992.
- Cheng, Y., Matthiesen, R., Farooq, S., Johansen, J., Hu, H. & Ma, L. (2018). The evolution of investment patterns on advanced manufacturing technology (AMT) in manufacturing operations: A longitudinal analysis. *International Journal of Production Economics*, 203, 239–253.
- Davenport, T. H. (1993). *Process innovation: Reengineering work through information technology*. Harvard Business School Press.
- Davydd J. Greenwood & Levin, M. (2007). *Introduction to Action Research* (2nd ed.).
- Duus, G., Husted, M., Kildedal, K., Laursen, E. & Tofteng, D. (2014). *Aktionsforskning—En grundbog* (Vol. 1). Samfundslitteratur.
- European Commission. (n.d.). *Advanced Manufacturing Technology | Advanced Technologies for Industry*. Retrieved May 23, 2022 from <https://ati.ec.europa.eu/technologies/advanced-manufacturing-technology>
- Ghani, K. A., Jayabalan, V. & Sugumar, M. (2002). Impact of advanced manufacturing technology on organizational structure. *The Journal of High Technology Management Research*, 13(2), 157–175.
- Goldberg, K. (2019). Robots and the return to collaborative intelligence. *Nature Machine Intelligence*, 1(1), 2–4.
- Grønmo, S. (2020. oktober). Deltakende observasjon. In *Deltakende observasjon*. Store norske leksikon. [https://snl.no/deltakende\\_observasjon](https://snl.no/deltakende_observasjon)
- Guttormsen, G., Lisbeth Hansson, Hermundsgård, M., Kongsvik, T., Sveen, J., Madsen, B.-E. & Korsvold, T. (2007, 22. November). *Hvordan få aksjonsforskningen til å svinge? Metoder og erfaringer fra Smartere sammen*.
- Hasnan, N. Z. N. & Yusoff, Y. M. (2018). Short review: Application areas of industry 4.0 technologies in food processing sector. *2018 IEEE Student Conference on Research and Development (SCORED)*, 1–6.
- Hofmann, C. & Orr, S. (2005). Advanced manufacturing technology adoption—The German experience. *Technovation*, 25(7), 711–724.

- Huber, M., Lenz, C., Rickert, M., Knoll, A., Brandt, T. & Glasauer, S. (2008). Human preferences in industrial human-robot interactions. *Proceedings of the International Workshop on Cognition for Technical Systems*.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A. & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry, 101*, 107–119.
- Kildal, J., Tellaeche, A., Fernández, I. & Mautua, I. (2018). Potential users' key concerns and expectations for the adoption of cobots. *Procedia CIRP, 72*, 21–26.
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju* (3. utgave).
- Levin, M. (2017). Aksjonsforskning som forskning—epistemologiske og metodiske utfordringer. *Gjøtterud, Hiim, Husebø, Jensen, Steen-Olsen and Stjernstrøm (Eds.) Aksjonsforskning i Norge: Teoretisk Og Empirisk Mangfold*, 27–45.
- Liu, M., Fang, S., Dong, H. & Xu, C. (2021). Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. *Journal of Manufacturing Systems, 58*, 346–361.
- Luo, Z., Hong, S., Lu, R., Li, Y., Zhang, X., Kim, J., Park, T., Zheng, M. & Liang, W. (2017). *OPC UA-Based Smart Manufacturing: System Architecture, Implementation, and Execution*.
- Maaløe, E. (2002). *Casestudier—Af og om mennesker i organisationer* (2nd ed.). Akademisk Forlag A/S.
- Meld. St. 14 (2020–2021). (2021). *Regjeringens strategi for en bærekraftig økonomisk utvikling*. Finansdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-14-20202021/id2834218/>
- Moktadir, M. A., Ali, S. M., Kusi-Sarpong, S. & Shaikh, M. A. A. (2018). Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection. *Process Safety and Environmental Protection, 117*, 730–741.
- Moore, J. (2017). Data Visualization in Support of Executive Decision Making. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management, 12*, 125.
- Nortura | Nortura ferdigstiller omfattende IT-implementering. (n.d.). Retrieved May 31, 2022 from <https://www.nortura.no/nyheter/nortura-ferdigstiller-omfattende-it-implementering-en-solid-teknisk-grunnmur-er-p%C3%A5-plass>
- NOU. (2020). *Fremtidige kompetansebehov III - Læring og kompetanse i alle ledd*. <https://www.regjeringen.no/contentassets/053481d65fb845be9a2b1674c35d6d14/no/pdfs/nou202020200002000dddpdfs.pdf>
- Nye virkemidler for en ny tid—Medlemsportal for Nortura SA*. (2020, 11. June). <https://medlem.nortura.no/arkiv-2020/nye-virkemidler-for-en-ny-tid-article44282-18835.html>
- Patel, K. K. & Patel, S. M. (2016). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *International Journal of Engineering Science, 6122*.
- Profanter, S., Tekat, A., Dorofeev, K., Rickert, M. & Knoll, A. (2019). OPC UA versus ROS, DDS, and MQTT: Performance evaluation of industry 4.0 protocols. *2019 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 955–962.
- Rocketfarm. (u.å.a). Cobot vs Robot Palletizer | Insights. *Rocketfarm*. <https://rocketfarm.no/insights/cobot-vs-robot-palletizer/>
- Rocketfarm. (u.å.b). How Pally increased palletizing performance with 30% at Nortura | Case Stories. *Rocketfarm*. <https://rocketfarm.no/case-stories/how-pally-increased-palletizing-performance-with-30-at-nortura/>

- Rupp, M., Schneckenburger, M., Merkel, M., Börret, R. & Harrison, D. K. (2021). Industry 4.0: A Technological-Oriented Definition Based on Bibliometric Analysis and Literature Review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 68. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010068>
- Sandven, T. (2007). *Produktinnovasjon, prosessinnovasjon og FoU: Noen sammenhenger*. NIFU STEP.
- Schluse, M. & Rossmann, J. (2016). From simulation to experimentable digital twins: Simulation-based development and operation of complex technical systems. *2016 IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE)*, 1–6.
- Schumacher, A., Erol, S. & Sihn, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 100(52), 161–166.
- Simões, A. C., Soares, A. L. & Barros, A. C. (2020). Factors influencing the intention of managers to adopt collaborative robots (cobots) in manufacturing organizations. *Journal of Engineering and Technology Management*, 57, 101574.
- SINTEF. (u.å.a). *Automatisering og robotisering*. SINTEF. <https://www.sintef.no/ekspertise/digital/ikt-generelle-kompetanser/automatisering-og-robotisering/>
- SINTEF. (u.å.b). *Big Data*. SINTEF. <https://www.sintef.no/fagomrader/big-data/>
- SINTEF. (u.å.c). *Digital Twin*. SINTEF. <https://www.sintef.no/en/expertise/digital/applied-mathematics/digital-twin/>
- SINTEF. (u.å.d). *Digitalisering*. SINTEF. <https://www.sintef.no/fagomrader/digitalisering/>
- Sjödín, D. R., Parida, V., Leksell, M. & Petrovic, A. (2018). Smart Factory Implementation and Process Innovation: A Preliminary Maturity Model for Leveraging Digitalization in Manufacturing Moving to smart factories presents specific challenges that can be addressed through a structured approach focused on people, processes, and technologies. *Research-Technology Management*, 61(5), 22–31.
- Skirbekk, S. (2021, 9. March). Simulering – samfunnsvitenskap. In *Store norske leksikon*. [http://snl.no/simulering\\_-\\_samfunnsvitenskap](http://snl.no/simulering_-_samfunnsvitenskap)
- Sony, M. & Naik, S. (2019). Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: A literature review. *Benchmarking: An International Journal*, 27(7), 2213–2232. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0284>
- Stornelli, A., Ozcan, S. & Simms, C. (2021). Advanced manufacturing technology adoption and innovation: A systematic literature review on barriers, enablers, and innovation types. *Research Policy*, 50(6), 104229–104229.
- Tao, F., Sui, F., Liu, A., Qi, Q., Zhang, M., Song, B., Guo, Z., Lu, S. C.-Y. & Nee, A. Y. C. (2018). *Digital twin-driven product design framework*.
- Tao, F., Zhang, H., Liu, A. & Nee, A. Y. (2018). Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405–2415.
- Tjora, A. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. Gyldendal Akademisk.
- VanDerHorn, E. & Mahadevan, S. (2021). Digital Twin: Generalization, characterization and implementation. *Decision Support Systems*, 145, 113524.
- West, S., Stoll, O., Meierhofer, J. & Züst, S. (2021). Digital Twin Providing New Opportunities for Value Co-Creation through Supporting Decision-Making. *Applied Sciences*, 11(9), 3750. <https://doi.org/10.3390/app11093750>
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research—Design and Methods* (5.). SAGE Publications, Inc.
- Zhou, G., Chao, Z., Zi, L., Ding, K. & Wang, C. (2019). Knowledge-driven digital twin manufacturing cell towards intelligent manufacturing. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1607978>

## Vedlegg 1: Informert samtykke

# Vil du delta i forskingsprosjektet

*« Hvordan kan digital tvilling-teknologi bidra i beslutningsprosesser knyttet til adopsjon (og implementering) av Industri 4.0-teknologi? »*

Dette er eit spørsmål til deg om å delta i eit forskingsprosjekt der føremålet er å undersøke faktorar som påverkar val knytt til teknologiadopsjon i industrien i ein Industri 4.0-kontekst. I dette skrivet gjev vi deg informasjon om måla for prosjektet og om kva deltaking vil innebere for deg.

### Føremål og problemstilling

Eg ønskjer å undersøke moglegheiter og barrierar i forbindelse med teknologiadopsjon i industrien. Samstundes vil eg skaffe meir kunnskap om korleis eit visualiserings- og valideringsverktøy som den digitale tvillingen kan bidra i adopsjon- og eventuelle implementeringsprosessar. Omfanget vil vere avgrensa til å gjelde matindustrien, og aktuelle teknologiar vil i hovudsak vere cobots og digitale tvillingar. Med utgangspunkt i elementa over har eg formulert ei førebels problemstilling:

*«Hvordan kan teknologiadopsjon fremskyndes ved hjelp av et digital tvilling-basert simuleringsverktøy?»*

Undersøkinga inngår som ein del av masteroppgåva mi ved Høgskulen på Vestlandet. Opplysningane frå oppgåva vil kunne vere av interesse for arbeidsgivaren min, Rocketfarm. Høgskulen på Vestlandet er ansvarleg for prosjektet, og Rocketfarm vil òg bidra på enkelte område med ikkje-konfidensiell, generell informasjon knytt til aktuell teknologi.

### **Kvifor får du spørsmål om å delta?**

For oppgåva vil det vere relevant å samle data frå ei bedrift som har kjennskap til den aktuelle teknologien og utfordringane knytt til adopsjon av denne. Spesielt vil fokuset vere på cobots som bidreg i forbindelse med palleteringsoppgåver.

Kva inneber det for deg å delta?

Metoden vil vere å gjennomføre to intervju i tillegg til å gjennomføre simulering av eit utval produkt. Intervjua vil vare i cirka 30 minutt kvar, og bli gjennomført digitalt. Eit intervju vil bli gjort i forkant av simuleringane, medan det andre vil gjennomførast i etterkant. Det vil bli tatt lydopptak av intervjua.

### **Det er frivillig å delta**

Det er frivillig å delta i prosjektet. Dersom du vel å delta, kan du når som helst trekkje samtykket tilbake utan å gje nokon grunn. Alle personopplysingane dine vil då bli sletta. Det vil ikkje føre til nokon negative konsekvensar for deg dersom du ikkje vil delta eller seinare vel å trekkje deg.

### **Ditt personvern – korleis vi oppbevarer og bruker opplysingane dine**

Vi vil berre bruke opplysingane om deg til føremåla vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandlar opplysingane konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- Rettleiaren min, Veronika Trengereid ved Høgskulen på Vestlandet, vil ha tilgang til informasjonen som blir innsamla i forbindelse med intervjua.
- Namnet ditt vil ikkje vere nemnt i innsamla datamateriale.

Med tanke på at utvalet er lite og samarbeid av typen Rocketfarm-Nortura ikkje er veldig utbreidd i nærområdet, vil det truleg vere mogleg å tenke seg til kven dei aktuelle deltakarane er, for folk med kjennskap til Sogndal, sjølv om oppgåva blir anonymisert.

### **Kva skjer med opplysingane dine når vi avsluttar forskingsprosjektet?**

Opplysingane blir anonymiserte når prosjektet er avslutta/oppgåva er godkjend, noko som etter planen er i løpet av Juni månad. Då vil òg datamaterialet bli sletta.

### **Kva gjev oss rett til å behandle personopplysingar om deg?**

Vi behandlar opplysingar om deg basert på samtykket ditt.

På oppdrag frå Høgskulen på Vestlandet har Personverntjenester vurdert at behandlinga av personopplysingar i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

### **Dine rettar**

Så lenge du kan identifiserast i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i kva opplysingar vi behandlar om deg, og å få utlevert ein kopi av opplysingane,
- å få retta opplysingar om deg som er feil eller misvisande,
- å få sletta personopplysingar om deg,
- å sende klage til Datatilsynet om behandlinga av personopplysingane dine.

Dersom du har spørsmål til studien, eller om du ønskjer å vite meir eller utøve rettane dine, ta kontakt med:

- Ansvarleg student: Mathias Flo på e-post [mathias@rocketfarm.no](mailto:mathias@rocketfarm.no) eller på telefon 94832829.
- Rettleiar: Høgskulen på Vestlandet ved Veronika Trengereid på e-post [Veronika.Trengereid@hvl.no](mailto:Veronika.Trengereid@hvl.no) eller på telefon: +47 57 67 61 60.

Dersom du har spørsmål knytt til Personverntjenester si vurdering av prosjektet kan du ta kontakt med:

- Personverntjenester, på e-post [personverntjenester@sikt.no](mailto:personverntjenester@sikt.no) eller på telefon: 53 21 15 00.

Eg samtykker til at opplysingane mine kan behandlast fram til prosjektet er avslutta.

---

(Signert av prosjektdeltakar, dato)



## Vedlegg 2: Intervjuguide 1

### **Problemstilling:**

*«Hvordan kan teknologiadopsjon fremskyndes ved hjelp av et digital tvilling-basert simuleringsverktøy?»*

### **Dagens situasjon**

1. Hvor mye av Nortura sin produksjon er automatisert per i dag?
2. Hvor stor andel av produksjonen er ønskelig å automatisere?
3. Hvor stor andel av Nortura sin produksjon KAN automatiserast ved hjelp av robotisering?
4. Hvilke problemstillinger er avgjørende for automatisering / ikke automatisering med et sånt datagrunnlag på plass? Ref våre simuleringer.

### **Muligheter og barrierer**

5. Hvilke muligheter ser dere i forbindelse med teknologiadopsjon i dag?
6. Hvilke barrierer opplever dere i forbindelse med teknologiadopsjon i dag?

### **Nortura og cobots**

7. Hvor mange cobots har Nortura i dag?
8. Hvilke fordeler og ulemper ser dere ved coboter i bedriften deres?
9. Hvilken innvirkning har disse cobotene hatt på driften?

### **Digital tvilling/simulering**

10. Hvordan er deres forhold til simulering og verktøy som digital tvilling per i dag?
11. Hvilken nytte ser du i simulering og data output? Opplevs det som troverdig i forbindelse med validering av potensielle prosjekter?
12. I hvilken grad er dere villige til å basere avgjørelser knyttet til adopsjon på outputen som kommer fra et sånt verktøy? Og hva skal til for at dette vil spille en enda mer sentral rolle i forbindelse med med adopsjonsavgjørelser?

### **Aktuelt til intervju nr 2**

- Gjennomføre og sende over simuleringer med aktuell informasjon til dere, basert på infoen dere gir oss (boksdimensjoner, vekt, antall lag, CPM-krav og eventuelt ønsket stackingmetode). Og prate litt rundt hva nytten av dette var.

## Vedlegg 3: Intervjuguide 2

### **Problemstilling:**

*«Hvordan kan teknologiadopsjon fremskyndes ved hjelp av et digital tvilling-basert simuleringsverktøy?»*

### **Tidligere erfaring**

1. Har dere tidligere erfaringer med simulering?

### **Effekten av simulering**

2. Hvilke muligheter ser de i forbindelse med teknologiadopsjon i dag?
3. Hvilket inntrykk sitter du igjen med etter simuleringen?
4. Hva var bra med simuleringen?
5. Hva manglet i simuleringen?
6. Hvilken nytte så du i visualiseringen?
7. Hvilken nytte så du i ytelsesrapporten?
8. Hvordan kan simuleringen påvirke beslutningsgrunnlaget?

### **Tillit til simuleringsverktøyet**

9. Hvilken nytte ser du i simulering og data output? Opplevs det som troverdig ifb med validering av potensielle prosjekt?
10. I hvilken grad er dere villige til å basere avgjørelser nyttet adopsjon på outputen som kommer av et slikt verktøy? Og hva skal til for at dette vil spille en enda mer sentral rolle i forbindelse med adopsjonsavgjørelser?

### **Modenhhet**

11. Hvilke modenhetsanalyser er blitt gjennomført hos Nortura?