

Lars Sensky Sølhusvik
Eric Myking Rinvik

Effektivisering av plukkoperasjoner på TINE Meieriet Tunga ved bruk av diskret hendelsessimulering

Bacheloroppgave i FTHINGLOG – Logistikingeniør

Veileder: Dr. Alireza Ashrafian, Ph.D.

Medveileder: Viktor Juhasz

Mai 2022



Lars Sensky Sølhusvik
Eric Myking Rinvik

Effektivisering av plukkoperasjoner på TINE Meieriet Tunga ved bruk av diskret hendelsessimulering



Bacheloroppgave i FTHINGLOG – Logistikkingeniør
Veileder: Dr. Alireza Ashrafian, Ph.D.
Medveileder: Viktor Juhasz
Mai 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for økonomi
Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse



Bacheloroppgave logistikk – TLOG3001

<i>Tittel (norsk og engelsk):</i> Effektivisering av plukkoperasjoner på TINE Meieriet Tunga ved hjelp av diskret hendelsessimulering Improving the Performance of Order Picking Operations at TINE Meieriet Tunga Using Discrete Event Simulation	<i>Gruppenr.:</i> 004
<i>Forfattere:</i> Lars Sensky Sølhusvik Eric Myking Rinvik	<i>Dato:</i> 20. mai 2022
	<i>Gradering:</i> Åpen
<i>Studieretning:</i> FTHINGLOG – Bachelor i ingeniørfag, Logistikk	
<i>Veileder internt:</i> Dr. Alireza Ashrafian, Ph.D.	
<i>Oppdragsgiver:</i> TINE Meieriet Tunga	
<i>Oppdragsgivers kontaktperson:</i> Viktor Juhasz	
<i>Sammendrag:</i> Hensikten med oppgaven er å effektivisere plukkoperasjonen til TINE Meieriet Tunga ved å redusere transporten under plukk. Gjennom faget prosjekt logistikk TLOG3011 etablerte prosjektgruppen tre forskjellige løsninger med forskjellige begrensninger, og disse ble sammenlignet med transportdistanse ved vilkårlige ordre hos meieriet. I denne bacheloroppgaven ser gruppen på mulighetene for å videre underbygge løsningene ved hjelp av diskret hendelsessimulering og analyse.	
<i>Stikkord:</i> Effektivisering, plukk, plukkoperasjon, ABC-klassifisering, varehus slotting, modellering, diskret hendelsessimulering	<i>Keywords:</i> Process streamlining, picking, picking operations, ABC-classification, warehouse slotting, modeling, discrete event simulation

Forord

Bacheloroppgaven ble gjennomført vårsemesteret 2022 av Lars Sensky Sølhusvik og Eric Myking Rinvik, og er det endelige prosjektet for utdanningen *logistikkingeniør* ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim, institutt for industriell økonomi og teknologiledelse. Bacheloroppgaven har fagkoden TLOG3001 og gir 20 studiepoeng.

Denne oppgaven kan anses som en videreføring av et tidligere studium prosjektgruppen utførte for TINE Meieriet Tunga gjennom høstsemesteret 2021. Hensikten var å effektivisere plukkoperasjonen til TINE Meieriet Tunga ved å redusere transporten under plukk. Prosjektgruppen etablerte tre forskjellige løsninger med ulike begrensinger, og disse ble sammenlignet med transportdistanse ved vilkårlige ordre hos meieriet. I denne bacheloroppgaven ser gruppen på mulighetene for å videre underbygge løsningene ved hjelp av 3D modellering og analyse.

Før semesterstart høsten 2021 tok prosjektgruppen kontakt med Dr. Alireza Ashrafian, ettersom gruppen ønsket å jobbe med en oppgave knyttet opp mot hans ekspertise. Videre fremgangsmåte for å inngå avtale med en relevant bedrift var å lage en detaljert forespørsels-mal som ble sendt til flere aktører (se vedlegg 1). Forespørselen inneholdt en forklaring på hva bedriften kunne få ut av et slikt samarbeid, hva som ville kreves av bedriften, og en liste over foretrukne oppgaveemner. Det ble avholdt møte med de som svarte, og blant dem var stabsleder og utviklingsansvarlig hos TINE Meieriet Tunga, Viktor Juhasz. Det resulterte i en avtale med TINE Meieriet Tunga på grunn av lokal tilhørighet, god relasjon til NTNU, og villighet til samarbeid og veiledning under arbeidet.

Prosjektgruppen har benyttet seg av kunnskap tilegnet gjennom årene som logistikkingeniørstudenter ved NTNU Trondheim. I tillegg har gruppen mottatt god hjelp gjennom hele prosjektarbeidet av fagveileder og ekstern veileder. Av den grunn, vil gruppen rette en stor takk til veileder Dr. Alireza Ashrafian og stabsleder og utviklingsansvarlig hos TINE Meieriet Tunga, Viktor Juhasz. Gruppen ønsker også å takke Jason Lightfoot fra FlexSim UK, for å være behjelpelig med FlexSim-relaterte spørsmål. Denne erfaringen har gitt prosjektgruppen god kjennskap til bedriften og mye anvendbar kompetanse.

Trondheim, mai 2022



Lars Sensky Sølhusvik



Eric Myking Rinvik

Begrepsavklaring

- (i) **Diskret hendelsessimulering.** Modellering og simulering av logiske hendelser i et system som utvikles og endres over tid. Kan brukes til å simulere virkelige prosesser.
- (ii) **Distribusjonspakning (d-pak).** Beskriver hvilken form og kvantum hver enkelt vare blir distribuert fra lageret. Et eksempel på dette er 1L melk, der en d-pak inneholder 10 enheter.
- (iii) **Rullecontainer (RC).** Et standardisert transportbur med hjul som brukes i plukkoperasjonen. Består av 4 etasjer. Benyttes i hele verdikjeden til TINE.
- (iv) **Operatør.** En ansatt som plukker varer.
- (v) **Pick-by-voice (PBV).** Et plukksystem som benyttes på TINE Meieriet Tunga. Består av en hodetelefon med mikrofon der operatøren får beskjed om hva, hvor og hvor mye som skal plukkes.
- (vi) **Work Breakdown Structure (WBS).** En prosjektnedbrytingsstruktur som benyttes for å skaffe oversikt over hvilke arbeidsoppgaver som må gjennomføres for å ferdigstille et prosjekt.
- (vii) **Warehouse Management System (WMS).** Programvare utviklet for å støtte og optimalisere lagerfunksjonalitet og distribusjon.
- (viii) **Pesmel.** Ny del av skrålageret. Kjent som pesmel på meieriet.
- (ix) **Gravity Flow Rack (GFR).** Hyllesystem der tyngdekraften flytter produkter i plukkposisjon.
- (x) **Automated Guided Vehicle (AGV).** En automatisk førerløs truck eller vogn.
- (xi) **Process Flow.** Et verktøy i FlexSim som visualiserer og kontrollerer logikken i modellen.
- (xii) **Flow items.** 3D-objekter i FlexSim. Fungerer som varene i modellen.

Resymé

TINE SA er Norges største leverandør av meieriprodukter, og består av 31 meierier [1]. Et av disse er TINE Meieriet Tunga. Meieriet driver med produksjon og distribusjon av meieriprodukter i hele Trondheimsområdet. Denne oppgaven ser på distribusjonsdelen av meieriet, nærmere bestemt den manuelle plukkoperasjonen på 1. plan.

Utfordringen meieriet står ovenfor er den store transportdistansen operatørene beveger seg under plukkoperasjonen. Lageret er satt opp slik at operatørene ofte må bevege seg gjennom hele lageret på langs for å fullføre en ordre. En operatør beveger seg opptil 15km per dag, og enkelte pakker veier over 10kg. Det plukkes i gjennomsnitt ca. 10 000 rullecontainere per uke, hver på opptil 200kg [2]. Det er også en utfordring at meieriet har begrensede muligheter for utbygging for å gi plass til nye innovative løsninger. Prosjektgruppen så derfor på mulighetene for å endre på plukklokasjonene slik at flere ordrer kan fullføres med mindre transport. Data knyttet til plukkoperasjonen ble analysert og strukturert i en ABC-klassifisering basert på en Pareto analyse. Ut fra klassifiseringen ble alle plukklokasjonene endret basert på hyppighet, og tre forskjellige løsninger ble etablert. Først ble løsningene modellert og studert i Excel. For å underbygge de grunnleggende resultatene fra Excel ytterligere ble det gjennomført to nye analyser. En av dem var å utføre intervjuer med de ansatte. Den andre, som utgjorde hovedanalysen i bacheloroppgaven, var både å modellere og simulere løsningene i 3D-simuleringsverktøyet FlexSim.

Løsning 1 forkorter transportdistansen med 5,5% sammenlignet med dagens løsning. Endringene i løsning 1 er ikke veldig omfattende og kan derfor lett implementeres. Løsning 2 forkorter transportdistansen med 4,9%, men innebærer store endringer i forhold til dagens løsning. Her benyttes hittil ubrukt område som plukklokasjon, og lageret settes opp slavisk etter prinsippet «warehouse slotting». Løsning 3 tar med seg det som fungerte i løsning 1 og løsning 2 og setter opp plukklokasjonene på en måte som leder til en reduksjon av transportdistanse på 6,7%. Tallene fra den kvantitative analysen er basert på historisk data, og må testes i praksis for å tallfeste faktisk forbedring.

Figurer og tabeller

Figur 1.1: Forenklet flytskjema av plukkoperasjon på 1.plan.	4
Figur 1.2: Én-dimensjonal nedbryting av bacheloroppgaven.	6
Figur 1.3: Interessentkart.	6
Figur 1.4: Interessentmatrise.	7
Figur 3.1: Eksempel på slotting basert på en ABC-analyse [30].	13
Figur 4.1: Fremvisning av FlexSim-modellen.	19
Figur 4.2: FlexSim-modellen sett ovenfra. Inkluderer sonenavn.	19
Figur 4.3: Perspektivbilde av FlexSim modellen.	19
Figur 4.4: Process Flow for inngående vareflyt.	23
Figur 4.5: Process Flow for utgående vareflyt.	24
Figur 5.1: Plantegning av 1.plan hos TINE Meieriet Tunga.	25
Figur 5.2: Pesimal med plukkplasser modellert i Excel.	27
Figur 5.3: ABC-klassifisering basert på vareplukk i uke 42.	27
Figur 5.4: FlexSim plantegning av essensielle objekter for simulering.	29
Figur 5.5: FlexSim plantegning av endelig modell.	29
Figur 5.6: Pesimal med plukkplasser modellert i FlexSim.	29
Figur 5.7: Dagens løsning med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra Excel.	30
Figur 5.8: Dagens løsninger med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra FlexSim.	31
Figur 5.9: Løsning 1 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra Excel.	31
Figur 5.10: Løsning 1 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra FlexSim.	32
Figur 5.11: Løsning 2 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra Excel.	32
Figur 5.12: Løsning 2 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra FlexSim.	33
Figur 5.13: Løsning 3 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra Excel.	33
Figur 5.14: Løsning 3 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra FlexSim.	34
Figur 5.15: Visualisering av transportdistansene fra 24 tilfeldig ordrer i Excel.	35
Figur 5.16: Visualisering av transportdistansene fra alle ordrene i FlexSim simulering.	36
Figur 6.1: Sammenlikning av antall plukk på gulv 1 og gulv 1_2 hos dagens løsning og løsning 1.	41
Figur 6.2: Sammenlikning av antall plukk i pesmel hos dagens løsning og løsning 2.	42
Figur 6.3: Sammenlikning av antall plukk per sone hos de forskjellige løsningene.	43
Tabell 4.1: Artikler med tilhørende adresse.	20
Tabell 4.2: Sone med tilhørende adresse i FlexSim.	21
Tabell 4.3: Beskrivelse av elementer i modellens «Process Flow».	22
Tabell 5.1: Oversikt over «A-varer».	28
Tabell 5.2: Beregning av transportdistanse for to vilkårlige ordrer.	28
Tabell 5.3: Framstilling av transportdistansene fra 24 tilfeldig ordrer i Excel.	35
Tabell 5.4: Framstilling av transportdistansene fra alle ordrer i FlexSim simulering.	36

Vedlegg

Vedlegg 1: Forespørsel-mal gruppe 004

Vedlegg 2: Semesteroppgave

Vedlegg 3: Avtaledokument

Vedlegg 4: Gantt-diagram

Vedlegg 5: Adresseliste

Vedlegg 6: TINE Rådata (Excel fil)

Vedlegg 7: Excel analyse og FlexSim data (Excel fil)

Vedlegg 8: FlexSim filer

Vedlegg 9: FlexSim video

Vedlegg 10: Intervjutranskript

Innhold

FORORD	VI
RESYMÉ	VIII
1 INNLEDNING	1
1.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN	1
1.2 OM BEDRIFTEN.....	2
1.3 MÅLFORMULERING	2
1.3.1 <i>Problemstilling</i>	2
1.3.2 <i>Resultatmål</i>	3
1.3.3 <i>Effekt mål</i>	3
1.4 OPPGAVEBESKRIVELSE	4
1.5 AVGRENSING.....	5
1.6 OPPGAVENEDBRYTING.....	5
1.7 INTERESSENTANALYSE.....	6
1.8 OPPGAVESTRUKTUR.....	8
2 METODE	9
2.1 VALG AV OPPGAVE.....	9
2.2 DATAINNSAMLING	9
2.2.1 <i>Intervjurunder</i>	10
2.3 LITTERATURSØK	10
2.4 ARBEIDSSTRUKTUR.....	11
3 TEORI	12
3.1 WORK BREAKDOWN STRUCTURE	12
3.2 PARETO ANALYSE	12
3.3 ABC-KLASSIFISERING.....	12
3.4 WAREHOUSE SLOTTING	13
3.5 INVOLVERING AV DE ANSATTE.....	14
3.6 FEM HVORFOR.....	15
3.7 INTERVJU	15
4 3D-MODELLERING OG SIMULERING	16
4.1 FLEXSIM	16
4.1.1 <i>Statistikk</i>	16
4.1.2 <i>Process Flow</i>	17
4.1.3 <i>A* Navigation</i>	17
4.2 3D-MODELLEN	18
4.3 IMPORTERT DATA.....	20
4.4 MODELLENS LOGIKK.....	21
5 ANALYSE	25
5.1 LAGERET I DAG	25
5.2 MODELLENES OPPBYGNING	26
5.2.1 <i>Excel modellen</i>	26
5.2.2 <i>FlexSim modellen</i>	29
5.3 PLUKKLØSNINGER.....	30
5.3.1 <i>Dagens løsning</i>	30
5.3.2 <i>Løsning 1</i>	31
5.3.3 <i>Løsning 2</i>	32
5.3.4 <i>Løsning 3</i>	33
5.4 RESULTATER.....	34
5.4.1 <i>Grunnleggende resultater</i>	34

5.4.2	<i>Faktiske resultater</i>	36
5.4.3	<i>Validering av resultater</i>	37
5.5	INTERVJU	37
6	DISKUSJON	40
6.1	UTFORDRINGER OG SVAKHETER	44
7	KONKLUSJON	46
	REFERANSER	48

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Bacheloroppgaven stammer fra et tidligere samarbeid mellom prosjektgruppen og TINE Meieriet Tunga i forbindelse med valgfaget *prosjekt logistikk* gjennom høstsemesteret 2021 (se vedlegg 2). *Prosjekt logistikk* er et emne man kan ta i tredje året ved logistikkingeniørstudiet og er et fordypningsstudium. Det kan enten utføres i form av et prosjektarbeid med fordyping i en logistikkrelatert problemstilling i en bedrift, eller som et ledet selvstudium med fordyping innen logistikk [3]. Ettersom prosjektgruppen så på faget som en mulighet for å sikre god erfaring og kunnskap før bacheloroppgave, valgte gruppen prosjektarbeid med bedrift.

Hensikten med *prosjekt logistikk-oppgaven* (heretter kjent som semesteroppgaven) stod i henhold til meieriets utfordringer med den store transportdistansen operatørene beveget seg under plukkoperasjoner. Den store transportdistansen skyldes mye i at lageret var satt opp slik at operatørene ofte måtte bevege seg gjennom hele lageret på langs for å fullføre en ordre. I tillegg var en utfordring at meieriet hadde begrensede muligheter for utbygging for å gi plass til nye innovative løsninger. Av den grunn så prosjektgruppen på mulighetene for å endre plukklokasjonene på lageret slik at flere ordrer kunne fullføres med mindre transport. Data knyttet til plukkoperasjonene ble både analysert og strukturert basert på opplært teori, som ABC-klassifisering, varehus slotting og diskret hendelsessimulering. Deretter ble varene og deres plukklokasjoner endret utfra hyppighet, og tre forskjellige løsninger ble etablert. Løsningene ga meget gode resultater i Excel-analysen (heretter kjent som grunnleggende resultater) fra 5% i den første løsningen til 19% forkortet transportdistanse i den tredje løsningen.

Til tross for at målene for semesteroppgaven ble ansett som oppfylt, fulgte studiet med diverse svakheter som prosjektgruppen ønsket å adressere i dette prosjektet. Blant disse var *tidsmangel*, som gjorde at prosjektgruppen ikke fikk utført simulering av alle plukk rundene i løpet av den utvalgte uken. I tillegg førte tidsmangel til at virkelige tester og intervjuer under blant operatørene ikke kunne bli gjennomført. En annen svakhet var *ufullstendig datagrunnlag*, som førte til at noen varer i den virkelige plukkprosessen ikke ble tatt med i simuleringene til prosjektgruppen.

Identifiserte svakheter i Excel-analysen fra semesteroppgaven dannet grunnlag for et oppfølgingsstudium og er dermed utgangspunktet for denne bacheloroppgaven. Prosjektgruppen vil se nærmere på de allerede etablerte løsningene og forsøke å eliminere svakhetene. Temaet for bacheloroppgaven blir derfor uendret, det vil si effektivisering av plukkoperasjoner.

1.2 Om bedriften

TINE SA er Norges største leverandør av meieriprodukter, og er godt kjent blant det norske folk. Årlig plukkes og distribueres det flere millioner distribusjonspakker (d-pak) med meieriprodukter. Selskapet er et samvirkeselskap som eies av melkeprodusenter fra hele landet. “Rundt 9 140 bønder på 7 350 gårdsbruk er fundamentet for TINEs forretningsdrift” [4]. Samvirket hadde per 2021 salgsinntekter på rundt 24 milliarder NOK og et driftsresultat på ca. 1,7 milliarder NOK. I 2021 mottok TINE totalt 1,4 milliarder liter melk (kumelk og geitemelk) fra norske bønder [5, p. 8]. Samvirket består av 31 meierier [1], hvorav et av disse er TINE Meieriet Tunga, som er samarbeidspartneren for denne prosjektoppgaven.

Meieriet på Tunga består av både produksjon og distribusjon av diverse meieriprodukter. På meieriet produseres søtmeik, surmelk, fløte, Biola®, Cultura og Go’ morgen-yoghurt®, i tillegg til flaskeprodukter som YT og Go’ morgen. Årlig produseres det ca. 75 millioner liter meieriprodukter [6]. Meieriet distribuerer også de fleste TINE produkter i Trøndelag og omegn. Lageret benytter et Pick-by-voice system (PBV) der operatørene får beskjed om hva og hvor det skal plukkes, i tillegg til antall d-pak. På lageret benyttes rullecontainere (RC) for både lagring og plukking. Anlegget består av to plan. På 2. plan plukkes det ved hjelp av truck, mens på 1. plan benyttes ingen transportmidler. Det plukkes i gjennomsnitt ca. 10 000 RC per uke [2].

En enkelt d-pak kan veie over 10 kg, og en full RC opptil 200 kilo [2]. Dette er spesielt belastende for operatørene på 1. plan der distribusjonen foregår uten transportmidler. Dagens plukkløsning på 1. plan kan også resultere i at operatørene går opptil 15 km hver dag. Hvordan redusere denne fysiske belastningen er det som danner grunnlaget for bacheloroppgaven.

1.3 Målformulering

Målene nedenfor er laget i henhold til SMART-kriteriene, hvor målene skal være spesifikke, målbare, akseptert, realistiske og tidfestet [7, p. 71].

1.3.1 Problemstilling

Under arbeidet med bacheloroppgaven ble metoder lært i fag under studieløpet benyttet. Det overordnede faglige fokuset i oppgaven er knyttet til fagene *operasjonsanalyse og simulering*, *logistikkteknologi og digitalisering* og *fabrikkplanlegging*. Disse fagene la blant annet grunnlag for å kunne utvikle en 3D-modell. I tillegg ble teori fra *prosjektledelse* og erfaringer fra *prosjekt logistikk* benyttet for å organisere arbeidet, samt skrive sluttrapporten på best mulig måte. Som tidligere nevnt danner svakheterne fra Excel-analysen grunnlag for et videre studium og er valgt som bakgrunn for

denne bacheloroppgaven. Denne oppgaven vil derfor forsøke å besvare den originale problemstillingen:

Hvordan kan man redusere transportdistansen til en gjennomsnittlig ordre?

I tilknytning til den definerte problemstillingen har det blitt dannet tre forskningsspørsmål. Hensikten med forskningsspørsmålene er å adressere problemet, og svare på disse underveis i oppgaven. Forskningsspørsmålene er:

- (i) *Hva er dagens transportdistanse?*
- (ii) *I hvilken grad vil løsningene redusere transportdistansen til plukkoperasjonen?*
- (iii) *Er det avvik i de grunnleggende resultatene?*

1.3.2 Resultatmål

- Eliminere svakheter fra tidligere analyse og dermed videre underbygge løsningene for forkortet transportdistanse.
- Etablere en visuell analyse ved hjelp av simuleringsprogrammet FlexSim av transportdistansen i plukkprosessen på TINE Meieriet Tunga.
- Fremvise løsningene med både effektgrad og avkastning.

1.3.3 Effektmål

- Redusert transport på en gjennomsnittlig ordre.
- Økt kapasitet som følge av mindre transport.
- Mindre belastning på operatørene.
- Anvendbar kompetanse for studentene.

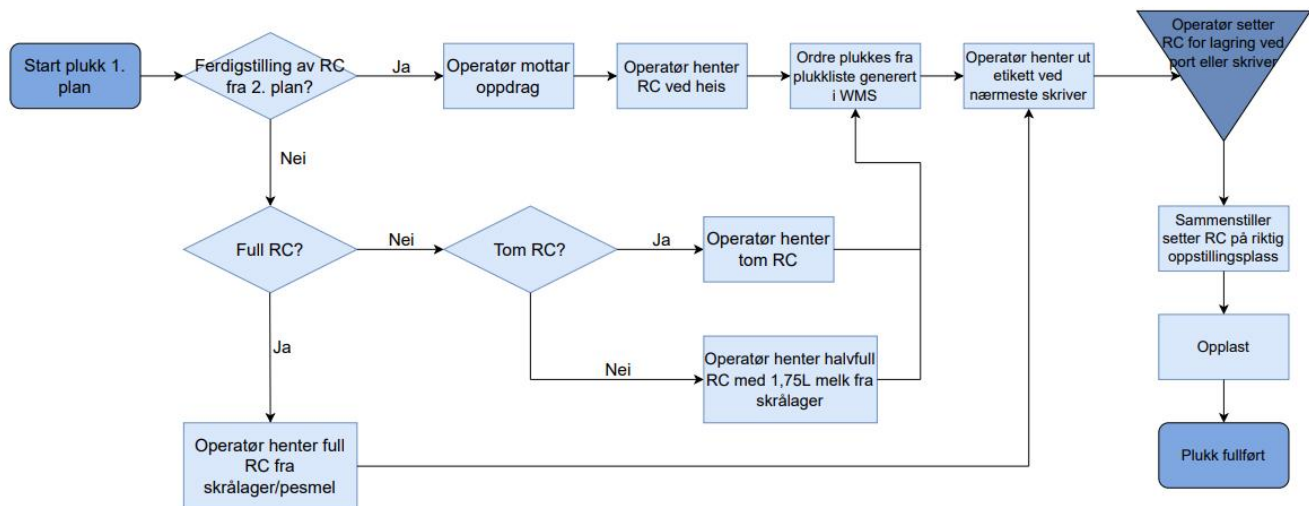
I tilknytning resultat- og effektmålene ble det definert noen suksesskriterier for prosjektet ut fra Hartmans tre oppstartsspørsmål [7, p. 76]. Dette ble gjort for å kunne konkretisere om bacheloroppgaven har vært en suksess eller ikke. Suksesskriteriene som blir satt er:

- *Kvantisert forbedring av plukkoperasjonen på meieriet.*
- *Levering av en fullstendig rapport som besvarer forskningsspørsmålene.*

1.4 Oppgavebeskrivelse

TINE Meieriet Tunga ved stabsleder og utviklingsansvarlig, Viktor Juhasz, har holdt flere gjesteforelesninger på NTNU knyttet til logistikk-studiet og har erfaring med veiledning og samarbeid med tidligere NTNU-studenter. Prosjektgruppen kom i kontakt med Juhasz gjennom en forespørsel om samarbeid. Juhasz har fungert som gruppens eksterne veileder, og faglærer Dr. Alireza Ashrafian fungerer som gruppens interne veileder. Etter et møte med Juhasz ble det enighet om en interessant oppgave som er relevant i forbindelse med tidligere fag på logistikingeniør-studiet.

Operatørene på TINE benytter som nevnt ovenfor et PBV-system for å utføre plukkoperasjonene. I starten av en plukkoperasjon på 1. plan forteller PBV-systemet operatørene om hvordan ordren skal starte. En ordre kan påbegynnes på 1. plan på tre forskjellige måter; operatøren kan bli bedt om å hente en tom RC, en halvfull RC med 1,75L melk eller hente en RC der ordren allerede har blitt påbegynt på 2. plan, men må fullføres på 1. plan. PBV-systemet bestemmer hvilken RC som skal prioriteres via hodetelefoner og dette bestemmes av meieriets lagerstyringsystem, også kjent som «Warehouse Managements System» (WMS). Dette er en programvareløsning som gir innsyn i hele bedriftens varelager og administrerer forsyningskjeden fra distribusjonssenteret til butikkhyllen [8]. Når en container er full, beveger operatøren seg til en printer som skriver ut informasjon om ruten videre. De fulle containerne blir så plassert på riktig oppstillingsplass foran porten av en sammenstiller hvor lastebiler skal frakte de ferdigplukkede RC-ene videre til kundene. Figur 1.1 viser et forenklet flytskjema av plukkoperasjonen på 1. plan.



Figur 1.1: Forenklet flytskjema av plukkoperasjon på 1.plan.

Som tidligere nevnt er en av hensiktene med oppgaven å jobbe fram forslag til måter å redusere det fysisk belastende arbeidet operatørene ved meieriet må gjennomføre hver dag. Dagens planløsning fører til at arbeiderne ofte gjennomfører ordre som krever at de beveger seg store

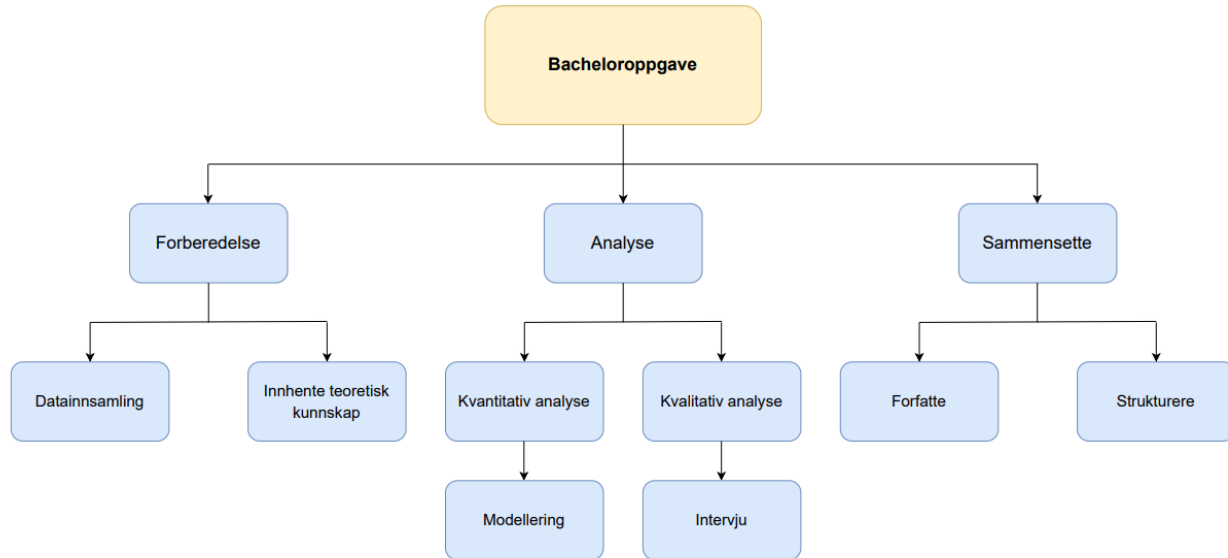
avstander, noen ganger frem og tilbake. Da noen containere kan ved enkelte tilfeller veie opptil 200kg reduseres arbeidseffektiviteten betraktelig, og kan i verste fall føre til yrkesskader. Siden prosjektgruppen allerede har etablert noen løsningsforslag, er som nevnt målet i denne oppgaven å videreutvikle og validere de grunnleggende resultatene fra de ovennevnte løsningene. Dermed vil det være mer forsvarlig å praktisere løsningene på ekte. Da vil den fysiske belastningen reduseres og vil også gi muligheter for økt kapasitet i distribusjonen på meieriet.

1.5 Avgrensing

Bacheloroppgaven ble gjennomført under vårsemesteret skoleåret 2022 og gir 20 studiepoeng av totalt 30 studiepoeng. I samråd med ekstern veileder har prosjektgruppen begrenset oppgaven til kun transport under plukking, og ikke transport før og etter fullført plukk. Analysen er avgrenset til historisk data fra ordreplukking for en gjennomsnittlig arbeidsuke (mandag-fredag) i en vilkårlig uke i oktober 2020. Resultatene er avgrenset til de organisatoriske og fysiske rammene til TINE Meieriet Tunga. Et eksempel på fysisk avgrensning er meieriets utfordringer med utbygging av distribusjonsområdet for å gi plass til nye løsninger. Det påpekes at det er kun transportavstand som er definert som måleparameter i oppgaven og ikke andre variabler som for eksempel tid og kostnader.

1.6 Oppgavenedbryting

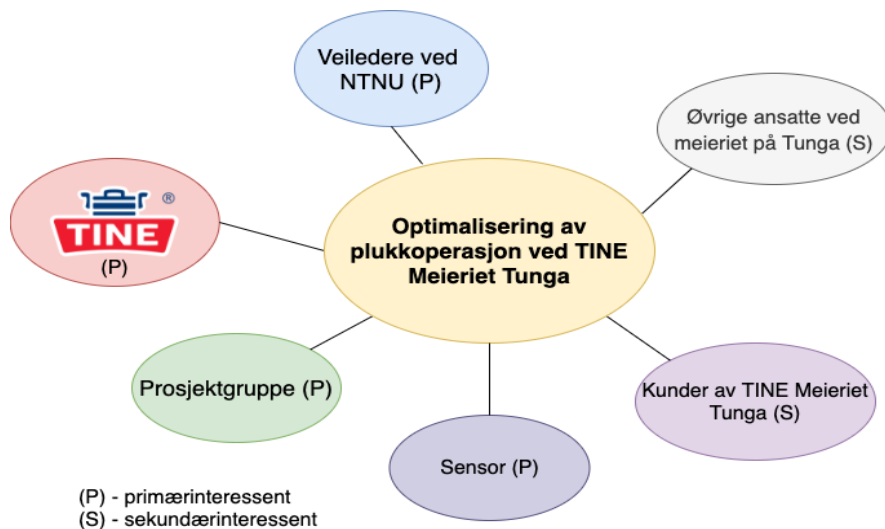
Da gjennomføring av en bacheloroppgave kan anses som et prosjekt har den blitt brutt ned i en én-dimensjonal nedbryting kjent som «Work Breakdown Structure» (WBS). Dette fordi, ifølge Rolstadsås et al., er nedbryting av prosjektets oppgaver en grunnleggende forutsetning for prosjektstyring [7, p. 48]. Nedbrytingsstrukturen omfatter oppdeling av prosessene «i elementer, komponenter, tjenester og lignende på en logisk og systematisk måte» [7, p. 163]. Slik nedbryting er hensiktsmessig for å identifisere hvilke oppgaver og elementer som er nødvendig for å fullføre prosjektet, samt følge opp prosjektets fremdrift og utførelse [7, p. 163]. Nedbrytingen av prosjektet er en dekomponering av oppgavens innhold til laveste logiske nivå. Se figur 1.2 for en én-dimensjonal nedbryting av bacheloroppgaven.



Figur 1.2: Én-dimensjonal nedbryting av bacheloroppgaven.

1.7 Interessentanalyse

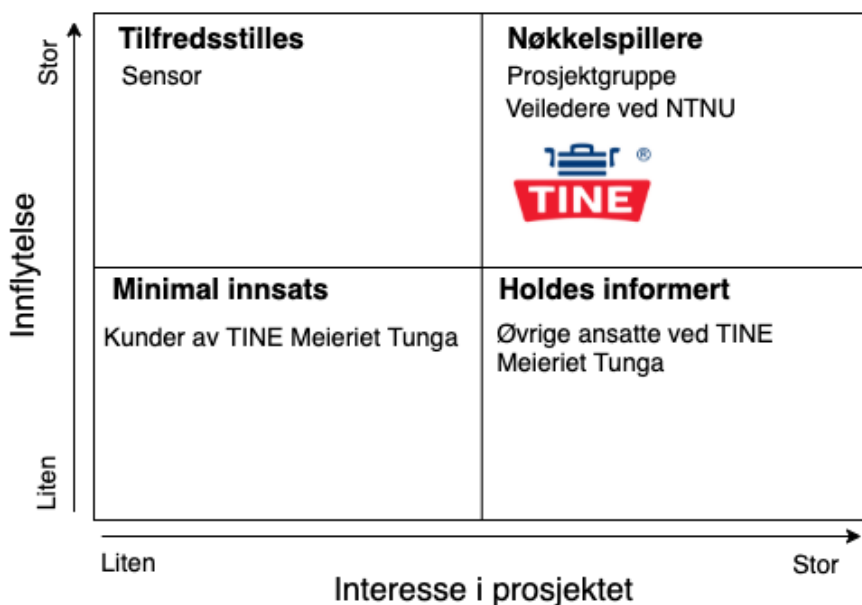
Interessentene for bacheloroppgaven deles opp i primære og sekundære interessenter. Primære interessenter har direkte eller indirekte innflytelse over oppgaven. Sekundære interessenter er interessenter som vil påvirkes i en viss grad av oppgaven, men har ikke noen innflytelse over avgjørelser knyttet til oppgaven. Se figur 1.3 for en visualisering av interessentene knyttet til bacheloroppgaven.



Figur 1.3: Interessentkart.

Formålet med interessentanalysen er å kartlegge hvem som blir påvirket av bacheloroppgaven, og hvem som har innflytelse og/eller interesse overfor oppgaven. Ifølge Rolstadsås et al., er det «viktig å vite hvem som kan fremme krav mot prosjektet, og skaffe seg en oversikt over hva slags krav det kan dreie seg om» [7, p. 92]. For å forhindre motstridende interesser og uenigheter ble det på forhånd inngått en avtale mellom TINE og NTNU for gjennomføring av bacheloroppgaven (se vedlegg 3). Avtalen tar for seg hvem som har ansvar for eventuelle kostnader, eiendomsrett, og publisering knyttet til oppgaven, samt en taushetserklæring.

Figur 1.4 viser interessentmatrisen for bacheloroppgaven. Nøkkelspillere er de interessentene som har direkte innflytelse og stor interesse for oppgaven. Det ble holdt en løpende dialog gjennom hele oppgavens gjennomføring med disse interessentene.



Figur 1.4: Interessentmatrise.

1.8 Oppgavestruktur

Kapittel	Innhold
Innledning	Dette kapitlet beskriver oppgaven, bedriften og problemstillingen med tilhørende mål.
Metode	Dette kapitlet gir en oversikt over metodene brukt for å besvare problemstillingen.
Teori	Dette kapitlet gir en oversikt over teorien som ga grunnlag for å besvare problemstillingen.
3D-modellering og simulering	I dette kapitlet blir teorien bak 3D-modellering og diskret hendelsessimulering presentert og FlexSim-modellen som er grunnlaget for analysen blir forklart.
Analyse	Dette kapitlet presenterer hvordan nåsituasjonen er på lageret, løsningene etablert i prosjekt logistikk oppgaven, 3D-modellen og intervju. Til slutt gis det en oversikt over resultatene fra de forskjellige simuleringene.
Diskusjon	I dette kapitlet diskuteres relevansen av resultatene mot forskningsspørsmålene, utfordringer relatert til implementering og mulige synergieffekter ved konseptkombinasjon.
Konklusjon	I dette kapitlet avrundes rapporten ved oppsummering av resultat, svakheter ved oppgave og videre arbeid.

2 Metode

2.1 Valg av oppgave

Da prosjektgruppen først tok kontakt med TINE Meieriet Tunga i forbindelse med semesteroppgaven, hadde Juhasz allerede definert problemstillingen som skulle løses. Det var ønskelig å både analysere og komme med 2-3 alternative forslag om hvordan man kan redusere transportdistansen, enten det var distanse under plukking av varer eller frakting av ferdigplukkede RC. Prosjektgruppen møtte Juhasz for første gang på meieriet på Tunga torsdag 16. september 2021 for å diskutere semesteroppgaven. Gruppen fikk en omvisning av begge plukkplanene, samt en mer detaljert gjennomgang av hva bedriften ønsket å oppnå. Omvisningen ga forståelse for hele plukkoperasjonen og var viktig for å synliggjøre elementer som ikke nødvendigvis kom godt fram i det kvantitative arbeidet. Under neste møte mandag 11. oktober 2021 ble det enighet om å fokusere primært på plukking i første etasje. Grunnen til denne avgjørelsen var (i) at det var for stort omfang å analysere hele plukkoperasjonen på lageret, og (ii) et ønske om å redusere den fysiske belastningen på arbeiderne på 1. plan da de ikke benytter noen form for transportmiddel. Valget om å utføre semesteroppgaven med TINE Meieriet Tunga var relativt enkel ettersom TINE Meieriet Tunga hadde en interessant oppgave, lokal tilhørighet, god relasjon til NTNU, og viste god samarbeidsvillighet. Valget om å videreføre semesteroppgaven til en bacheloroppgave ble heller ikke vanskelig siden begge parter var meget fornøyd med samarbeidet gjennom høstsemesteret 2021. I tillegg var begge parter enige om at de grunnleggende resultatene burde underbygges ytterligere.

2.2 Datainnsamling

Prosjektgruppen og bedriften var begge enige om at problemstillingen skulle løses mest mulig basert på kvantitative data. Det vil si «data som foreligger i form av tall eller andre mengdeterner, i motsetning til kvalitative data, som vanligvis uttrykkes i form av tekst» [9]. Oppgaven skal også undersøkes videre ved hjelp av kvalitative metoder, som intervju. Hensikten med å fokusere primært på kvantitative studier var å oppnå dybdekunnskap og en helhetlig forståelse av spesifikke aktiviteter.

TINE Meieriet Tunga benytter et «Warehouse Management System» (WMS) som er en programvare utviklet for å støtte og optimalisere lagerfunksjonalitet og distribusjonssenteradministrasjon. På forespørsel fra prosjektgruppen ble nødvendige data hentet ut fra dette systemet. I tillegg tok prosjektgruppen egne målinger av parametere bedriften enten ikke hadde tilgjengelig eller var dynamiske. Dette var blant annet diverse dimensjoner og oversikt over enkelte plukk-lokasjoner. Nødvendig data for utførelsen av analysearbeidet i 1. plan innebar blant annet:

- (i) Plantegning med mål og avstand

- (ii) Oversikt over plukklokasjoner for den angitte uken
- (iii) Oversikt over gjennomførte plukk
- (iv) RC dimensjoner

Det ble hentet ut data for uke 42 (18-22. oktober 2021). Løsningene vil dermed være best tilpasset denne uken, og kan derfor gi en annen effekt i en annen periode, eksempelvis ved sesongsvingninger eller kampanjer. Det første analysearbeidet som ble gjort var å sortere artiklene etter hyppighet i en ordre. Med andre ord, hvilke produkter en operatør oftest må bevege seg til. Allerede her kunne prosjektgruppen se forbedringspotensial, ettersom enkelte varer som dukket opp ofte sto lengre unna portene enn andre varer med mindre hyppighet.

2.2.1 Intervjurunder

5 operatører som jobber til daglig med plukk på 1. plan vil bli intervjuet. Intervjuet blir gjennomført over en 15-20 minutters periode. Operatørene vil bli presentert oppgaven og den generelle teorien som er bakgrunnen til løsningene. Det blir stilt 6 spørsmål, hvorav 3 er generelle spørsmål om plukkoperasjonen på 1. plan, og 3 er knyttet til løsningene gruppen har kommet frem til. Spørsmålene som stilles er:

- (i) «Hva mener du er den største utfordringen med plukkoperasjonen på 1. plan?»
- (ii) «Føler du transportdistansen under plukk på 1. plan er fysisk belastende?»
- (iii) «Dersom du hadde frie tøyler, hva ville du endret på 1. plan?»
- (iv) «Hvis du fikk oppgaven om å redusere transportdistansen, hva tror du ville gitt størst utslag?»
- (v) «Tror du varehus slotting er egnet til TINEs 1.plan lager?»
- (vi) «Tror du løsningene våre vil fungere i praksis?»

2.3 Litteratursøk

For å analysere dataene på en hensiktsmessig måte ble metodevalg, verktøy og modeller nøye vurdert. Teori og informasjon ble primært hentet fra fagartikler, dokumenter og fagbøker. I tillegg benyttet prosjektgruppen kunnskap tilegnet gjennom studieløpet. For å kvalitetssikre arbeidet brukte prosjektgruppen akademiske fagbøker, eksempelvis Praktisk Prosjektledelse av Rolstadsås et al. og «Facilities Planning» av Tompkins et al., kombinert med å være kildekritisk til annen informasjon. I tillegg hadde prosjektgruppen hovedfokus på å bruke primærkilder. Konsultering med fagveileder bidro også til ny tenkning. All kunnskap innhentet via litteratursøket bidro til å hjelpe prosjektgruppen skape struktur i form av teori rundt prosjektledelse, og ga et godt grunnlag for å besvare problemstillingen.

2.4 Arbeidsstruktur

God arbeidsstruktur var nødvendig for å gjennomføre prosjektet på en systematisk og effektiv måte. Av den grunn benyttet prosjektgruppen WBS for å organisere gruppens arbeid i håndterbare elementer. Å foreta en slik inndeling er avgjørende for en effektiv oppfølging av prosjektgjennomføringen. Første trinnet prosjektgruppen utførte var dermed å lage WBS for å utvikle en prosjektplan. Den definerte alt arbeidet som måtte fullføres for å nå målene for prosjektet. Ved å visualisere prosjektet på denne måten kunne prosjektgruppen samarbeide om å definere oppdragskritiske oppgaver, deres underoppgaver og de gjensidige avhengighetene mellom dem. I tillegg bidro det til god ressursallokering i form av å delegere oppgaver til rett person, og risikovurdering i form av beredskap dersom ting ikke gikk etter plan. WBS ga prosjektgruppen klarhet i detaljene som måtte til for å oppnå alle aspekter av prosjektet.

3 Teori

Teorien la grunnlaget for å besvare problemstillingen på best mulig måte. Gjennomføring av bacheloroppgaven ble mulig ved hjelp av teori knyttet til fag undervist tidligere i studieløpet. Fagene *operasjonsanalyse og simulering*, *logistikkteknologi og digitalisering*, og *fabrikkplanlegging* sto for den teoretiske bakgrunnen. Teorien ble brukt for å finne muligheter til å korte ned transportavstand i et distribusjonslager. Følgende problemløsningsverktøy ble benyttet:

3.1 Work breakdown structure

Hensikten med en nedbryting er å gi en systematisk og logisk oversikt over alle elementer, komponenter, tjenester og lignende som inngår i prosjektet. I forbindelse med oppgaven blir plukkoperasjonen brutt ned i elementene som inngår, og de relevante elementene blir brutt ned på laveste logiske nivå, kjent som arbeidspakker. Prosjektoppgaven ble brutt ned i de elementene som er sentrale for oppgavens ferdigstillelse. Dette ga oversikt over hvilke arbeidspakker som må gjennomføres for å fullføre prosjektet.

3.2 Pareto analyse

Pareto analyse baserer seg på Pareto prinsippet. Pareto prinsippet, også kjent som 80/20-regelen, stammer fra Vilfredo Pareto sin observasjon om at nærmest 80% av all rikdom i Italia på 1900-tallet befant seg hos 20% av befolkningen [10]. Ifølge Ackerman er dette nærmest alltid sant, også i varehus [11]. Her ser man tilnærmet alltid at 80% av all varehusaktivitet skyldes 20% av varene. Gjennom Pareto prinsippet kan man gjennomføre en analyse for å se om prinsippet gjelder hos TINE. Nicholas J. beskriver at en analyse basert på Pareto prinsippet er et “verktøy for å skille de vitale få fra de trivielle mange” [12]. Ved å benytte en Pareto analyse kan man derfor finne produktene som står for størst andel av varehusaktiviteten, og på den måten finne fokusområdene. En kan dermed se på Pareto analyse som det første steget i effektivisering av plukkoperasjoner. I oppgaven ga Pareto analyse innsikt i om Pareto prinsippet gjelder hos TINE Meieriet Tunga.

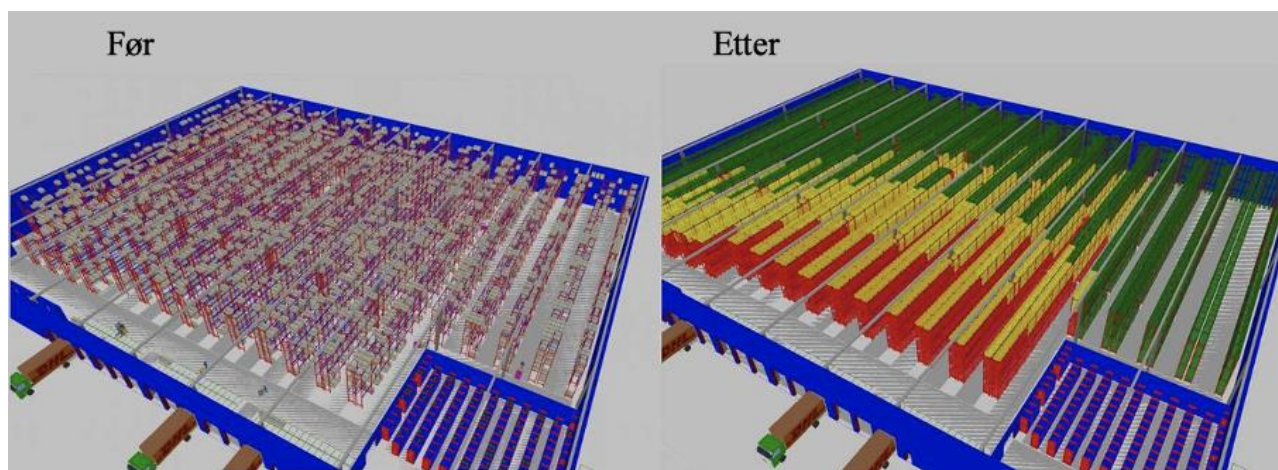
3.3 ABC-klassifisering

Innen lagerbeholdningsstyring bruker en ABC-klassifisering Pareto prinsippet for å fremheve hvor innsatsen bør fokuseres [13]. Metodikken går ut på å klassifisere produktene i tre enkle kategorier basert på ordrevolum: «A-varer» som står for 80% av ordrene, «B-varer» som står for en mer moderat prosentandel, og «C-varer» som representerer en minimal prosentandel. Ideen bak

klassifiseringen av produktene er å se hvilke varer som har høyest plukkfrekvens, slik at disse varene kan prioriteres. Tompkins et al. skriver at i et typisk varehus, som TINE Meieriet Tunga, står en minoritet av varene for en majoritet av plukkaktiviteten [14, p. 439]. I en ABC-klassifisering klassifiseres «A-varer» med rød fargekode, «B-varer» med gul og «C-varer» med grønn. ABC-klassifiseringen i oppgaven baseres på Pareto analysen. «A-varer» ble klassifisert som de varene som står for 80% av plukkoperasjonene, «B-varer» for 15% og «C-varer» for de siste 5%.

3.4 Warehouse Slotting

«Warehouse slotting» (varehus slotting) tar hensyn til blant annet varens gjennomløpshastighet og produktgrupperinger for å bestemme varehusets ideelle oppsett [15, p. 18]. Dette er resultatet av ABC-klassifiseringen. Ved hjelp av klassifiseringen kan man gruppere varene med høyest plukkfrekvens til de mest tilgjengelige plassene. Ifølge Richardson kan effektiv slotting redusere arbeidskostnader med opptil 20%, ettersom plukkoperasjoner vanligvis står for mellom 40-60% av totale utgifter til et varehus [16]. En annen fordel Richardson trekker frem med slotting er at det ikke krever store investeringer i nytt utstyr eller kunnskap for å gjennomføre. Tompkins et al. skriver at ved å allokere de mest populære varene til de mest tilgjengelige lagerlokasjonene, vil man kunne kutte ned transportdistansen i varehuset [14, p. 439]. Slotting basert på en ABC-klassifisering vil sørge for allokering etter de rette betingelsene. Figur 3.1 viser et eksempel på plukklokasjoner før og etter slotting basert på en ABC-klassifisering. Resultatet skal i teorien føre til mindre gangtid og færre arbeidstimer nødvendig for å fullføre ordre. I følge Juhasz er transport blant de største tidsfaktorene under plukkoperasjoner på 1. plan hos TINE Meieriet Tunga [2]. Ettersom problemstillingen går ut på å minimere transportdistanse er det dermed vesentlig å velge varelokasjon ut ifra hyppighet.



Figur 3.1: Eksempel på slotting basert på en ABC-analyse [30].

3.5 Involvering av de ansatte

Involvering av de ansatte eller total medarbeiderinvolvering er en organisasjonsmetodikk og et sett med ledelsesprinsipper som oppmuntret ansatte til å delta mer i planleggingsprosesser, problemløsning og beslutningstaking som påvirker organisasjonen deres [17]. Ansatte blir oppfordret til å lære mer om organisasjonen sin, bidra med ideer, føle seg mer engasjert og se etter nye muligheter som vil hjelpe organisasjonen til å bli mer konkurransedyktig og effektiv. Tradisjonelt har denne typen arbeid og ansvar kun ligget hos ledere i organisasjonen.

Ifølge Center of Management & Organization Effectiveness, engasjerer denne filosofien arbeidsstyrken til å konsekvent bidra direkte til å forbedre organisasjonen deres [18]. Det kan bidra til høyere samlet oppbevaringsgrad, i tillegg til økt motivasjon hos de ansatte til å gi ideer og hjelpe til med innovasjon. Ansattes involvering av enhver grad resulterer i større motivasjon, ytelse og ansvarsfølelse for bedriftens langsiktige suksess.

Som ovennevnt bidrar involvering av ansatte til en rekke fordeler for enhver organisasjon, men for denne bacheloroppgaven, som har til hensikt å underbygge allerede etablerte løsningsforslag, er det særlig to fordeler ved metodikken som har til størst hensikt:

- (i) *Det gjør ledelse av endring enklere.* Alle organisasjoner går gjennom uendelige endringssykluser. Teammedlemmer som ikke forstår årsakene til endringer har en tendens til å motstå dem [17]. I motsetning til dette vil medlemmer som allerede er involvert i organisatoriske forbedringer sannsynligvis tilpasse seg endringer raskere og faktisk være endringsagenter for virksomheten.
- (ii) *Det kan gi andre vinklinger og svar.* En kvalitativ analyse gjennom intervju med operatører eller andre ansatte, kan muligens gi andre vinklinger og svar som kan være nyttige områder å jobbe videre med [19]. I tillegg vil mest sannsynlig hypoteser rundt løsningsforslagene enten bli bekreftet eller avkreftet etter en slik runde.

I denne bacheloroppgaven vil implementeringen av ansattes involvering utføres gjennom en intervjurunde der operatørene ved meieriet blir bedt om spesifikke muligheter og anbefalinger for å forbedre de etablerte løsningene. Operatørene vil også bli bedt om å identifisere eventuelle feil som ikke vil la seg praktiseres på ekte. I de tilfeller vil prosjektgruppen gjennomføre 5-hvorfor metodikken forklart ytterligere i kapittel 3.6.

3.6 Fem hvorfor

Fem hvorfor er en spørreteknikk som brukes til å utforske årsak-og-virkning-sammenhengene som ligger til grunn for et bestemt problem. Det primære målet med teknikken er å finne rotårsaken til en defekt eller et problem ved å gjenta spørsmålet "Hvorfor?". Hvert svar danner grunnlaget for det neste spørsmålet.

Uforutsette problemer kan oppstå i alle lag eller prosesser. Imidlertid er problemer bare symptomer på dypere problemer. Å fikse et problem raskt kan være en praktisk løsning, men det beskytter ikke arbeidsprosesser mot tilbakevendende feil. Dette er grunnen til at et team bør fokusere på å finne rotårsaken og takle den riktig. Fem hvorfor-teknikken er et av de mest effektive verktøyene for rotårsaksanalyse i Lean-ledelsesarsenalet [20].

Fem hvorfor er en del av Toyota Production System. Teknikken ble utviklet av Sakichi Toyoda, en japansk oppfinner og industrimann, og ble en integrert del av Lean-filosofien. Grunnlaget for Toyotas vitenskapelige tilnærming er å spørre hvorfor fem ganger hver gang man finner et problem [21]. Ved å gjenta hvorfor fem ganger, blir problemets natur og løsningen tydelig. En av nøkkelfaktorene for vellykket implementering av teknikken er å ta en informert beslutning. Dette betyr at beslutningsprosessen bør baseres på en innsiktsfull forståelse av hva som faktisk skjer på arbeidsgulvet. Med andre ord bør grunnårsaksanalysen inkludere personer med praktisk erfaring. Logisk sett kan de gi deg den mest verdifulle informasjonen om ethvert problem som dukker opp i deres ekspertiseområde.

3.7 Intervju

I forbindelse med kapittel 3.5, vil operatørene på meieriet bli intervjuet for å gi de innsikt i løsningene som har blitt utviklet. Prosjektgruppen vil innhente informasjon om hvordan de tror løsningene vil fungere i praksis. Intervjuobjektet skal drøfte om de tror løsningene som blir presentert er noe som vil fungere på meieriet, og begrunne hvorfor/hvorfor ikke ved hjelp av «fem hvorfor»-metodikken. Intervjuet blir en del av den kvalitative analysen, ved at det avklarer hvordan standpunktene til operatørene er i forhold til oppgaven [22].

4 3D-modellering og simulering

3D-modellering og simulering i varehusstyring bruker datamodeller for å blant annet bedre forstå og forbedre lagersystemer. Det muliggjør rask analyse av ulike tilnærminger til å løse et problem og det kan enkelt tilpasses flere fagområder eller bransjer. Simulering er en velprøvd teknologi som gjør det mulig for en organisasjon å analysere og eksperimentere med lagerprosessen sin i en virtuell setting, noe som reduserer tiden og kostnadene forbundet med fysisk testing [23]. Det gir en enkel måte å kommunisere komplekse systemer til interessenter og kan være «make-or-break» faktoren for et vellykket resultat.

4.1 FlexSim

Det finnes flere programvarer for simulering og modellering, men for utførelsen av denne bacheloroppgaven ble det kun benyttet én. Gjennom faget *operasjonsanalyse og simulering i logistikk* i vårsemesteret 2021 ble prosjektgruppen introdusert til programvaren FlexSim. FlexSim er et kraftig og brukervennlig programverktøy for modellering og simulering som lar brukeren konstruere en tredimensjonal datasimuleringsmodell av et virkelig system og kjøre eksperimenter på modellen. Det er en rask og nøyaktig simuleringsmotor som enkelt styres med dra-og-slipp-kontroller, nedtrekkslister og mange andre intuitive funksjoner som gjør det tilgjengelig for alle å bygge en modell. Blant fordelene er at man kan gjøre observasjoner, finne ut hvilke elementer i systemet som mangler effektivitet, og finne ut hvilke endringer som vil føre til forbedring. I tillegg gir FlexSim beslutningstakere data for å bekrefte disse observasjonene, med statistisk rapportering og analyse innebygd rett inn i programvaren. FlexSim lar dermed brukeren bygge komplekse modeller som kan simulere scenarioer som ellers ville krevd store mengder ressurser å teste i praksis [24].

Mange av objektene i FlexSim har innebygde egenskaper og prosedyrer som enkelt kan tilpasses reelle scenarioer. Den virkelige verden består ofte av en viss grad av variasjon som FlexSim kan hensynta gjennom statistiske fordelinger. Hvilken nytte brukeren av FlexSim vil ha bestemmes i stor grad av hvor godt modellen kan tilpasses et virkelig system.

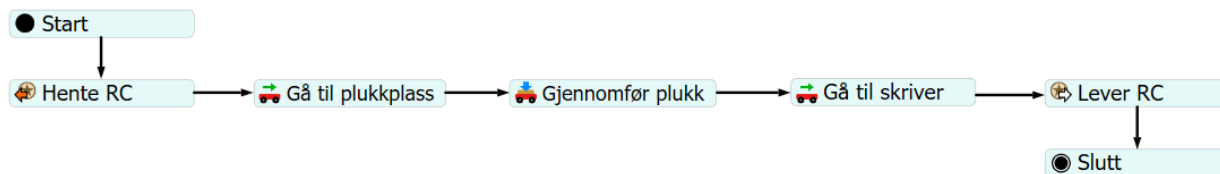
4.1.1 Statistikk

Simuleringer i FlexSim generer store mengder statistikk som brukeren enkelt kan hente ut fra modellen. Nesten alle 3D-objekter i FlexSim samler automatisk inn statistikk som er relevant for brukeren. Dette kan være statistikk på hvor mange «Flow Items» en stasjon inneholder på et gitt tidspunkt, hvor mye som har passert gjennom stasjonen, eller hvor langt en operatør har beveget seg. Dette oppdateres kontinuerlig mens modellen kjøres og kan visualiseres i «Dashboard»-verktøyet ved hjelp av diagrammer. Brukeren kan selv tilpasse diagrammene utfra hvordan brukeren ønsker at

dataen skal visualiseres [25]. FlexSim tilbyr også mer avanserte metoder for å analysere og optimalisere modeller ut fra den innsamlede dataen, basert på et sett med variabler, kjent som «Experimenter» og «Optimizer» [26].

4.1.2 Process Flow

«Process Flow» er et innebygd verktøy i FlexSim som, på samme måte som vanlige flytskjemaer, visualiserer logikken og hendelsesforløpet til en prosess. Fordelen med «Process Flow»-verktøyet er at det samtidig kan styre logikken i modellen. «Process Flow» er et dra-og-slipp-system hvor aktivitetene i flytskjemaet kan tilpasses brukerens behov. Man kan derfor benytte «Process Flow» til å visualisere vareflyten i systemet, og samtidig styre og tilpasse modellens logikk til å representere det virkelige systemet. Med «Process Flow» kan man enkelt tilpasse en logikk til flere objekter i modellen, uten å måtte redigere hvert enkelt objekt hver for seg. En aktivitet er en kodeblokk som inneholder logikk eller en logisk operasjon som modellen vil utføre. Kodeblokken kan sees på som et sett med kode hvor brukeren kan endre variablene som inngår. «Process Flow» kan derfor anses som programmering hvor variablene tilpasses modellen [27]. Figur 4.1 viser et forenklet flytskjema for et plukk visualisert i «Process Flow»-verktøyet.



Figur 4.1: Forenklet flytskjema i «Process Flow»-verktøyet.

4.1.3 A* Navigation

«A* Navigation» er en funksjon i FlexSim som benytter seg av «A* search»-algoritmen for å finne optimal rute mellom to punkter på et nettverk i form av noder. Dette skjer ved å se på en verdi f , som er en parameter lik summen av to andre parametere, g og h . Her tilsvarer g kostnaden av å bevege seg fra start til en vilkårlig node og h den estimerte kostnaden av å bevege seg fra noden til sluttdestinasjonen. Algoritmen tar hensyn til begrensninger i nettverket som vil påvirke hvilken rute som er tillatt, som for eksempel vegger eller andre objekter som ikke kan krysses [28]. Ved hjelp av denne funksjonen kan man bestemme hvor og hvordan operatøren er tillatt å bevege seg, og optimalisere ruten slik at operatøren kan bevege seg kortest mulig [29].

4.2 3D-Modellen

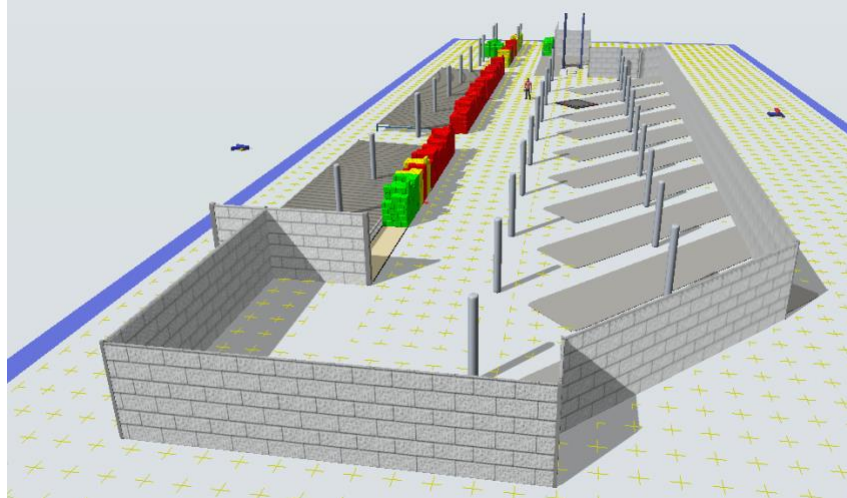
3D-modellen i FlexSim består av de mest sentrale objektene som kreves for å simulere hvordan transportdistansen til operatørene var totalt i uke 42 hos meieriet på Tunga.

3D-modellen består av:

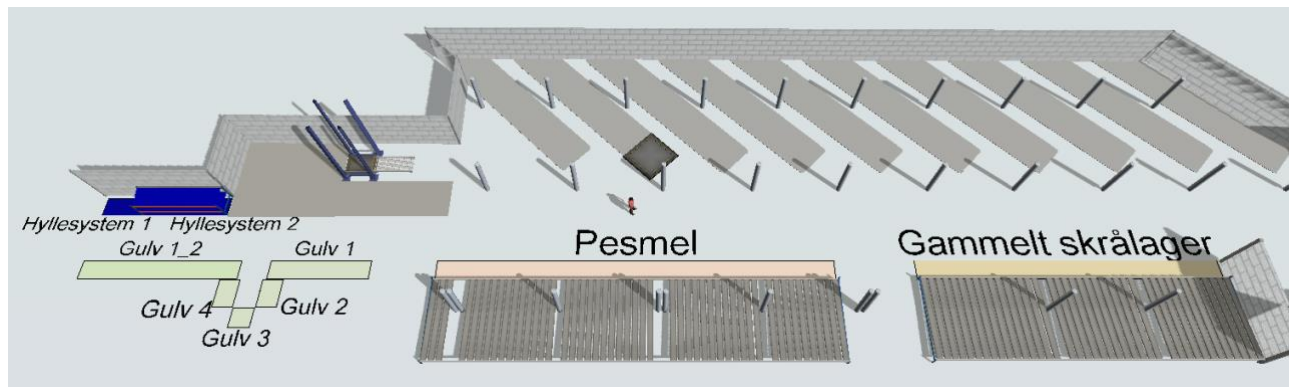
- En operatør for plukking av ordre.
- Plukklokasjoner for totalt 88 artikler.
- Et område for å levere ferdigplukkede ordre.
- Et system for tilførsel av nye varer.
- «A* Navigation» for å skape riktig bevegelse for operatørene i modellen.
- Visuelle elementer.

Modellen er delt inn i 5 soner; ubenyttet område, gammelt skrålager, pesmel, gulv og hyllesystem. Hvert av områdene representerer de respektive områdene på meieriet. Alle sonene består av lagringssystemer med samme antall plukklokasjoner som i virkeligheten. Modellen fungerer ved at hver lokasjon i lagringssystemene er «malt» med et artikkelnummer, som tilegner det malte området til artikkelnummeret. Ved modellens start genereres det et visst antall varer på hver plukklokasjon, og etter hvert som varer kommer inn i systemet vil modellen plassere varene på riktig plukklokasjon ved å lese artikkelnummeret.

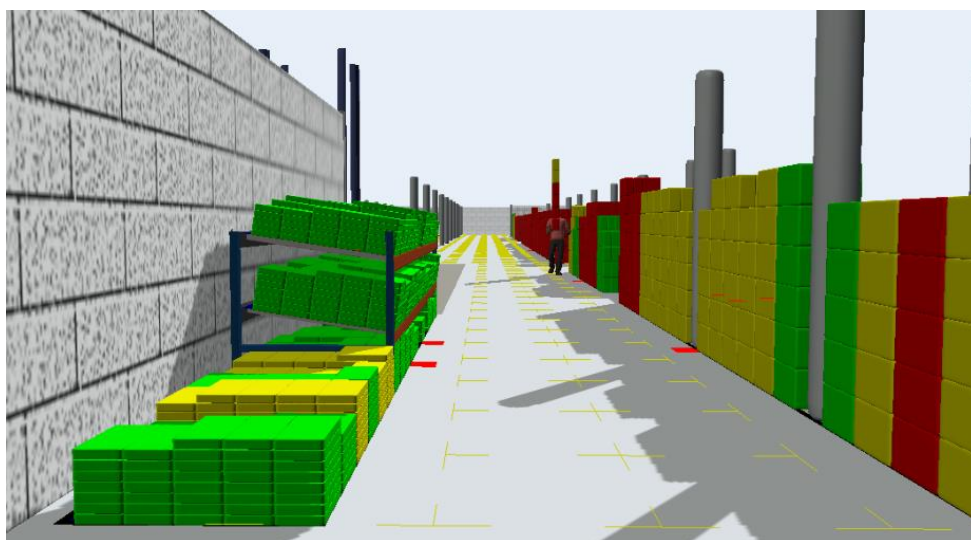
FlexSim-modellen gjenspeiler virkeligheten i stor grad ved hjelp av FlexSim sine innebygde egenskaper og prosedyrer for å enklere tilpasse det reelle scenarioet til meieriet. Eksempelvis gjennom simulering av plukkoperasjoner. I FlexSim-modellen velger operatøren alltid den korteste veien i alle retninger til neste destinasjon. Dette gjelder også der det er flere stasjoner med samme vare. Et annet eksempel er ved fremstilling av resultatene. FlexSim-modellen simulerer automatisk alle 6709 ordrer for den angitte uken, sammenlignet med Excel-modellen som kun tar for seg 24 av 6709 ordrer. Figurene under viser fremvisninger av FlexSim-modellen.



Figur 4.1: Fremvisning av FlexSim-modellen.



Figur 4.2: FlexSim-modellen sett ovenfra. Inkluderer sonenavn.



Figur 4.3: Perspektivbilde av FlexSim modellen.

4.3 Importert data

For at 3D-modellen skal kunne simulere lageret på best mulig måte har den benyttet seg av historisk data for ordreplukk hos meieriet. Dette er data som er hentet ut av WMS systemet til TINE og inkluderer blant annet lagerlokasjoner med tilhørende artikkelnummer og navn, ordreplukk for uke 42 (18-20. oktober 2021) med tilhørende lisensnummer (Order ID), antall d-pak og antall enheter. Dataen blir modifisert slik at FlexSim klarer å lese den, og blir deretter implementert i «Global Tables». «Global Tables» er tabeller som inneholder data i et format som FlexSim klarer å lese og benytte i modellen.

Hos TINE har hver artikkel en eller flere plukklokasjoner som er definert med en adresse bestående av en bokstav- og tallkombinasjon. Dataen fra WMS-systemet inneholdt artikkelnummer med tilhørende adresse for de fleste artikler som var på lageret i uke 42. For at FlexSim skal klare å lese adressen til hver artikkel og tilegne en lokasjon til artikkelen må adresseformatet endres. Tabell 4.1 viser et utklipp av fem artikler med tilhørende adresse i WMS og tilsvarende adresse i FlexSim. Adressen til artiklene vil endres basert på hvilken løsning som simuleres. Adressen i FlexSim er på formatet «SoneID-Seksjon-Etasje-Plass». I modellen definerer «SoneID» hvilken av de fem sonene artikkelen skal plasseres. «Seksjon» beskriver hvilken seksjon i tilhørende sone artikkelen tilhører. «Etasje» forteller hvilken hylleetasje varen skal plasseres og «Plass» definerer hvilken plukklokasjon i tilhørende sone, seksjon og hylleetasje.

Tabell 4.1: Artikler med tilhørende adresse.

Artikkel no.	Produkt	Adresse WMS	Adresse FlexSim
164	1 L LETTMELK	R98	Z2-1-1-6
6	1 L H-MELK 3,5%	R99	Z2-1-1-1
6683	330 ML KAKAOMELK	P34	Z4-2-2-4
94	1,75 L LETTMELK 1%	S20	Z1-1-1-1
4191	3 DL KREMFLØTE 38%	R96	Z1-1-1-26

Merk at gulv består av 4 seksjoner; gulv 1, gulv 1_2, gulv 2, gulv 3 og gulv 4. Når hver artikkel har fått tildelt en lokasjon i modellen vil FlexSim se på artikkelnummeret og plassere det på artikkelens tilhørende lokasjon. Når simuleringen gjennomføres, vet FlexSim til enhver tid hvor hver artikkel befinner seg basert på den nye adressen til artikkelen. Se tabell 4.2 for oversikt over soner med tilhørende adresse.

Tabell 4.2: Sone med tilhørende adresse i FlexSim.

Sone	FlexSim adresse	Beskrivelse
Nytt område	Fra Z0-1-1-1 Til Z0-1-1-11	Inneholder 11 plukklokasjoner i en hylleetasje. Benyttes kun i en løsning.
Gammelt skrålager	Fra Z1-1-1-1 Til Z1-1-1-42	Inneholder 40 plukklokasjoner i en hylleetasje
Pesmel	Fra Z2-1-1-1 Til Z2-1-1-55	Inneholder 49 plukklokasjoner i en hylleetasje
Gulv	Fra Z3-1-1-1 Til Z3-4-1-4	Grunnet strafferunden må denne sonen deles opp i 4 seksjoner. Inneholder totalt 45 plukklokasjoner fordelt på 4 seksjoner.
Hyllesystem	Fra Z4-1-1-1 Til Z4-1-3-1	Hyllesystemet består av to seksjoner hvor seksjon 2 inneholder tre hylleetasjer. Totalt inneholder sonen 42 plukklokasjoner.

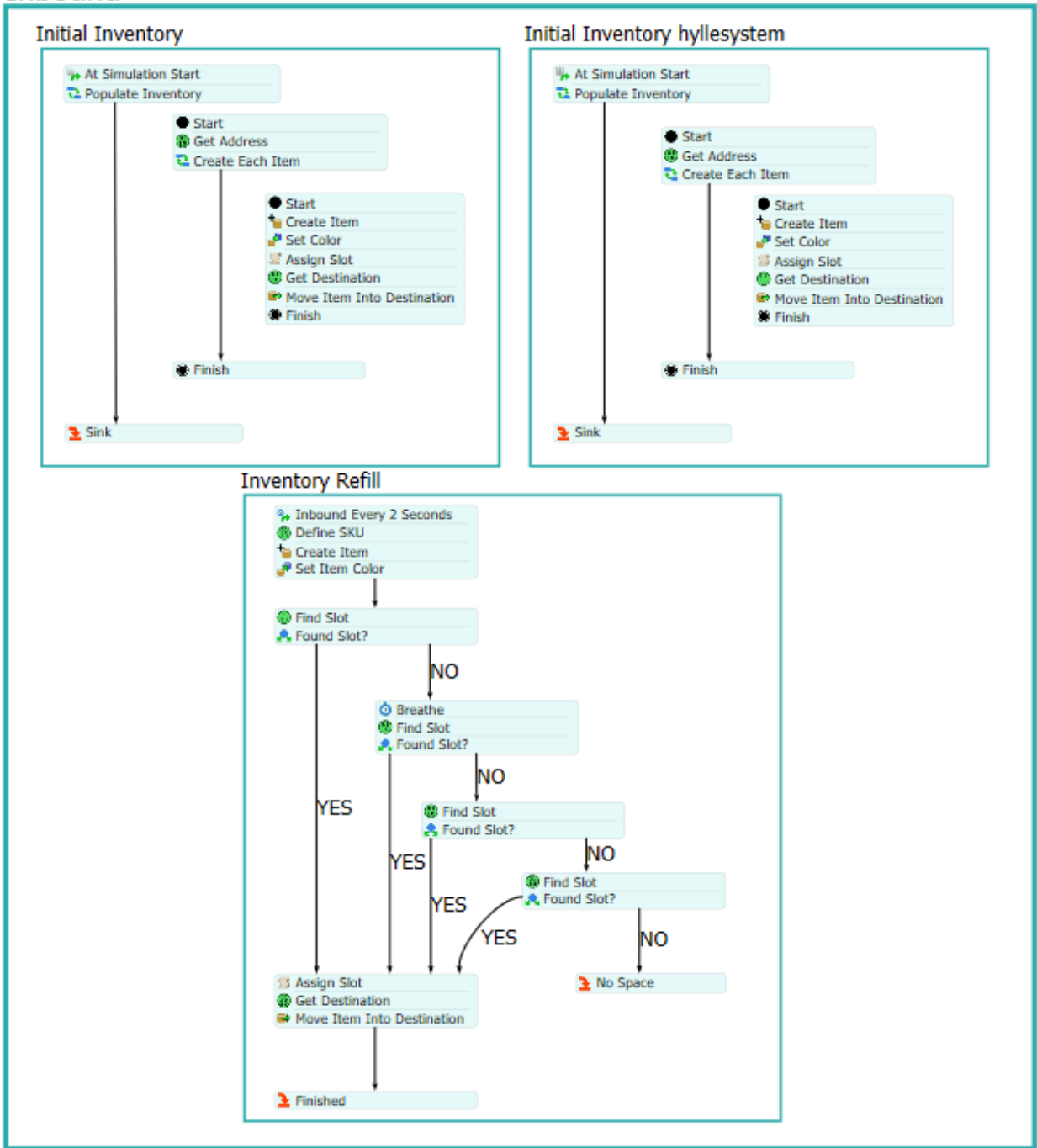
4.4 Modellens logikk

Logikken i modellen er bygd opp og styres gjennom FlexSim sitt «Process Flow»-verktøy. «Process Flow» danner et nettverk som er koblet til 3D-objekter i modellen og styres av ferdigkodete kodeblokker i FlexSim sitt eget språk «FlexScript». Nettverket består av to hovedprosesser med flere underprosesser. De to hovedprosessene er «Inbound» og «Outbound», som styrer henholdsvis inngående og utgående vareflyt. Underprosessene styrer de forskjellige aktivitetene i disse hovedprosessene. Tabell 4.3 beskriver de forskjellige elementene som inngår i modellens «Process Flow».

Tabell 4.3: Beskrivelse av elementer i modellens «Process Flow».

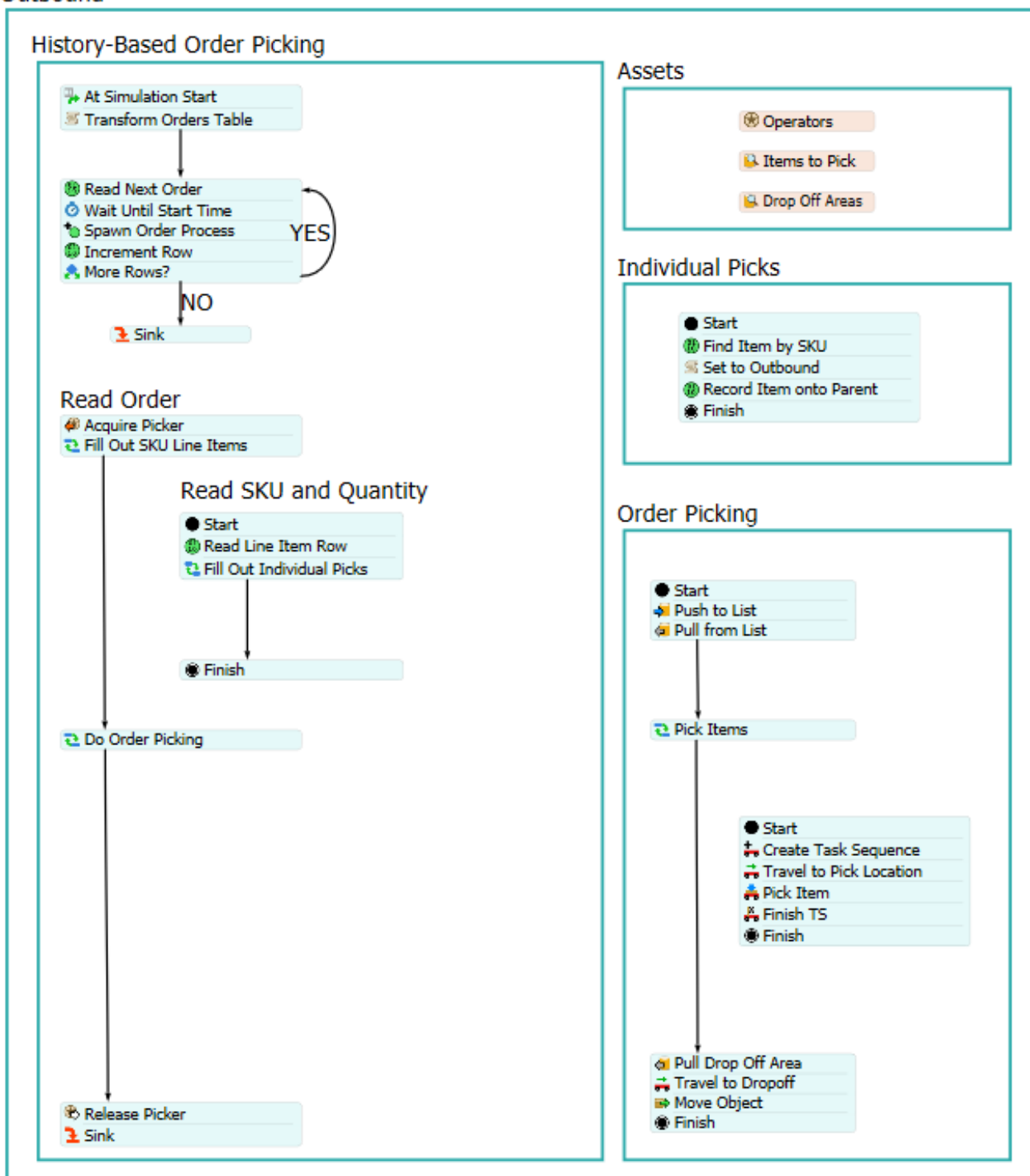
Hovedprosess	Underprosess	Funksjon
Inbound	Initial Inventory	Hensikten til denne prosessen er å lese av tabell med adresse og artikkelnummer og generere artikler i korrekt plukklokasjon ut fra artikkelens tilhørende adresse ved modellens start.
Inbound	Initial Inventory Hyllesystem	Samme hensikt som ovenfor, men genererer en artikkel med forskjellige dimensjoner enn ovenfor, og må derfor ha en egen prosess. Varene i denne prosessen blir plassert i hyllesystemet.
Inbound	Inventory Refill	Sørger for å etterfylle lagerlokasjonene med SKU slik at operatørene har riktig vare tilgjengelig på riktig plass til riktig tid. Kan baseres på historisk data eller statistiske distribusjoner.
Outbound	History-Based Order Picking	Ordre leses fra tabell med korrekt SKU og antall. Ordren får tildelt en operatør som fungerer som ordrens plukker. Kan tilpasses slik at ordre slippes på spesifiserte tidspunkt.
Outbound	Individual Picks	Ordren fylles med varer fra modellen basert på SKU og antall. Modellen finner den «fysiske» varen i modellen og plasserer varen i en «Outbound-state».
Outbound	Order Picking	Styrer selve ordreplukket når ordren er klar for å plukkes. Begrenser operatøren til å plukke kun en ordre om gangen. SKU som skal plukkes dyttes inn i en liste, for så å bli hentet ut i en rekkefølge sortert etter distanse fra operatøren. Varene plukkes dermed i en rekkefølge som gir kortest distanse.
Outbound	Assets	Består av en gruppe av operatører som nettverket allokere til en ordre når ordren blir sluppet. Inneholder også to lister hvor modellen kan sortere «Items to Pick» eller «Drop Off Area» etter distanse fra operatøren.

Inbound



Figur 4.4: Process Flow for inngående vareflyt.

Outbound

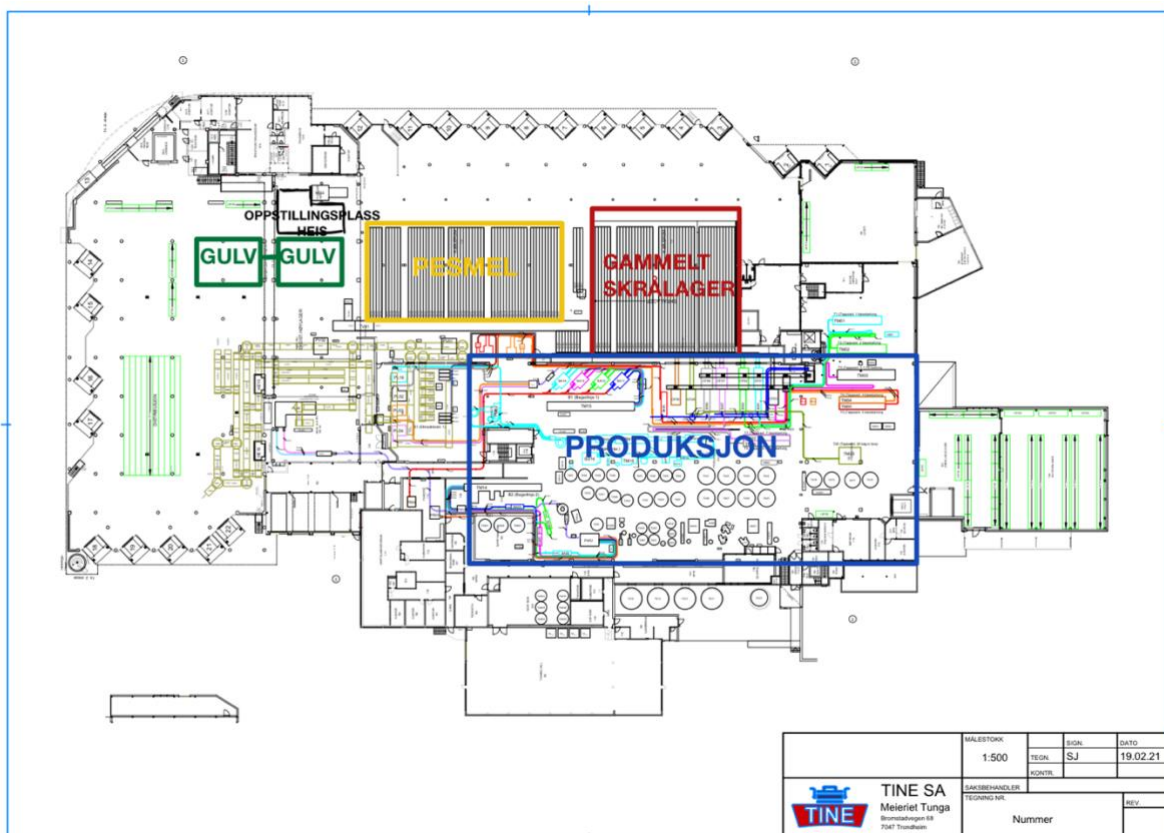


Figur 4.5: Process Flow for utgående vareflyt.

5 Analyse

5.1 Lageret i dag

Fokusområdet for oppgaven er som nevnt plukkoperasjonen på 1. plan ved meieriet på Tunga. Lageret på 1. plan består av et skrålager, pesmel og gammelt skrålager, hvor varene produsert på meieriet blir lagret og plukket, og et gulvrområde hvor det hovedsakelig lagres RC med varer fra andre meierier. På gulvlageret finner man også det som er kjent på meieriet som «strafferunden». Her finner man varer som blir plukket sjeldent og kan være vanskelig å komme til. Vis-a-vis gulvet finner man også et hyllesystem, hvor det lagres produkter som skolemelk. Plukkprosessen er manuell, uten noen form for hjelpemidler. Det benyttes et PBV-systemet, hvor operatørene får beskjed på øret om hva som skal plukkes, hvor det skal plukkes og hvor mye. Hver plukklokasjon har en unik kode som operatørene må bekrefte plukket med, og på den måten forhindre at det plukkes fra feil lokasjon. Ettersom operatørene må bevege seg til korrekt plukklokasjon defineres prosessen som en «picker-to-goods» (operatør-til-gods) løsning. Figur 5.1 viser plantegning over 1. plan.



Figur 5.1: Plantegning av 1.plan hos TINE Meieriet Tunga.

Som tidligere nevnt er plukkoperasjonen på 1. plan designet av et WMS-system. Systemet forteller operatørene gjennom PBV hvordan plukket skal foregå. Operatørene plukker i RC, og en ordre kan på 1. plan starte på tre forskjellige måter:

- (i) Operatøren skanner en tom RC og går til første lokasjon.
- (ii) Operatøren starter runden på første lokasjon ved å skanne en RC som inneholder korrekt antall d-pak av første vare.
- (iii) Operatøren fullfører en ordre som har blitt påbegynt på 2. plan med å hente containeren på oppstillingsplassen ved heisen.

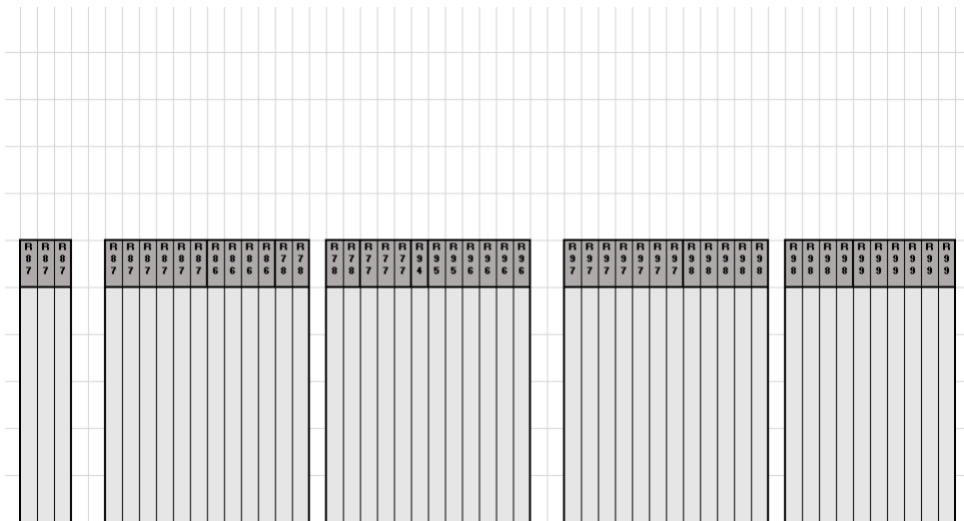
Plukkrunden beveger seg hovedsakelig fra skrålager og ender på gulvet. Dersom forrige plukkrunde ble avsluttet ved gulvet, og neste plukk på ny ordre er på motsatt ende av lageret, har operatøren mulighet til å fortelle PBV-systemet å «snu» plukkrunden. Operatøren får da muligheten til å starte plukkrunden med det som opprinnelig var siste plukk. Når en ordre er fullført, beveger operatøren seg til nærmeste printer og printer ut en etikett med ruteinformasjon. En sammenstiller har så ansvaret for å plassere containere ved korrekt oppstillingsplass. Det er totalt 12 oppstillingsplasser, organisert i en sagtannformasjon.

Dagens løsning inneholder flere utfordringer. Meieriet ligger tett plassert inntil E6, og har andre virksomheter som nære naboer. Det er derfor ingen mulighet til å bygge ut for å gi plass til nye løsninger. Infrastrukturen på 1. plan er fra 70-tallet, og dermed ikke så effektiv som den kunne vært. Av faste installasjoner på 1. plan er det skrålageret, delt inn i gammelt skrålager og pesmel, som er størst. Disse installasjonene er plasskrevende og gjør at operatørene har begrenset plass til å gjennomføre jobben. På grunn av disse fysiske begrensningene er det begrenset hvilket omfang nye løsninger kan ha. Til tross for dette fikk prosjektgruppen stor frihet av TINE og kunne derfor komme med ressurskrevende løsninger som kan ha behov for ombygging av lageret.

5.2 Modellenes oppbygning

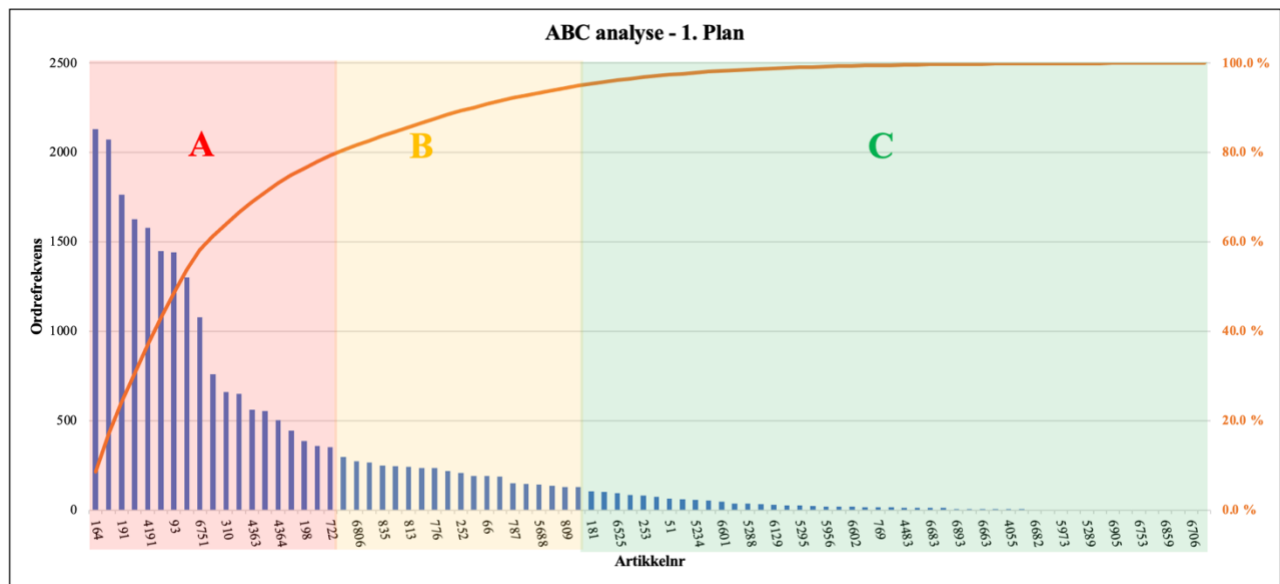
5.2.1 Excel modellen

For å kunne gjennomføre analysen i Excel ble det utviklet en modell av lageret i et regneark. Modellen ble bygd slik at hver rute har en verdi tilsvarende bredden på en RC (0.43m), med avstander mellom plukklokasjonene som en multiplum av RC-bredden. På denne måten ble avstandene i modellen tilsvarende faktiske mål på lageret. Dette fungerte kun i lengderetningen. For å kunne få korrekt bredde på lageret ble forholdstallet mellom bredden og lengden på en RC benyttet. Figur 5.2 viser et utklipp av modellen i Excel.



Figur 5.2: Pesmel med plukkplasser modellert i Excel.

Som nevnt tilsvarer en rute i modellen en RC. Her ser man at lageret ble organisert slik at en RC står med breddelengden i lagerets lengderetning, slik som i virkeligheten. Denne modellen ble utgangspunktet for analysen i Excel. Fra modellen ble det utviklet tre forskjellige løsninger, alle med forskjellige begrensninger. En felles begrensning for alle løsningene er at plukklokasjon 1-12, som befinner seg helt til høyre i gammelt skrålager, er forbeholdt fulle RC bestående av 1,75L melk og kan ikke endres. Løsningene ser på dagens plukklokasjoner, og flytter disse ut fra ABC-klassifiseringen. «A-varene», som oftest blir plukket, er markert med rødt. «B-varer» er markert med gul, mens «C-varer», som plukkes sjeldent, er markert med grønn. Figur 5.3 viser en grafisk fremstilling av ABC-klassifiseringens resultat.



Figur 5.3: ABC-klassifisering basert på vareplukk i uke 42.

I ABC-klassifiseringen ser man at noen varer blir plukket over 2 000 ganger i løpet av den angitte uken, mens andre varer ikke blir plukket i det hele tatt. Resultatene fra Pareto analysen viste at totalt 20 av 107 forskjellige varer plukket i uke 42 sto for 80% av antall plukk for perioden. Dette viser at Pareto prinsippet også er gjeldende for TINE Meieriet Tunga. Tabell 5.1 illustrerer hvilke varer som sto for 80% av totalt plukk, som igjen ble klassifisert som «A-varer» i ABC-klassifiseringen.

Tabell 5.1: Oversikt over «A-varer».

Artikkel no.	Posisjon	Produkt	Plukkclass	DPAK	Times ordered	Prosentandel	Akkumulert Prosent
164	1	1 L LETTMELK	R98		2132	8.6%	8.6 %
6	2	1 L H-MELK 3,5%	R99		2074	8.4%	17.0 %
191	3	1 L EKSTRA LETTMELK	R97		1766	7.1%	24.1 %
94	4	1,75 L LETTMELK 1%	S20		1626	6.6%	30.6 %
4191	5	3 DL KREMFLØTE 38%	R96		1581	6.4%	37.0 %
215	6	1 L SKUMMET MELK	S30		1449	5.8%	42.8 %
93	7	1,75 L LETTMELK 0,5%	S10		1443	5.8%	48.7 %
73	8	1000G KULTURMJØLK	R87		1300	5.2%	53.9 %
6751	9	1,75 L H-MELK 3,5%	S06		1080	4.4%	58.3 %
243	10	1000G SKUMMET KULTURMJØLK	R86		761	3.1%	61.3 %
310	11	7,5 DL KREMFLØTE 38%	R95		662	2.7%	64.0 %
5872	12	1 L APP.JUICE IFK PRESSET	R45		650	2.6%	66.6 %
4363	13	1 L APPELSINJUICE	R46		561	2.3%	68.9 %
5482	14	1000G KEFIR ØKOLOGISK 3%	R63		554	2.2%	71.1 %
4364	15	1,75 L APPELSINJUICE	R65		503	2.0%	73.1 %
169	16	1/4 L LETTMELK	R78		443	1.8%	74.9 %
198	17	1/4 L EKSTRA LETTMELK	R77		388	1.6%	76.5 %
4345	18	1,75 L EPLEJUICE	R64		359	1.4%	77.9 %
722	19	1/2 L APPELSINJUICE	R23		352	1.4%	79.3 %
305	20	1 L KREMFLØTE 38%	R94		296	1.2%	80.5 %

A

Ettersom det kun er 20 varer som står for 80% av plukket var det rimelig å tenke at disse varene burde grupperes sammen for å redusere transportdistansen. Etter lagerlokasjonene ble endret og løsningene ble etablert gjensto beregningene som skulle kvantifisere forbedringene. Som nevnt ble det i analysen kun sett på distanse under selve plukkingen, og ikke transport fra start til første plukk eller fra siste plukk til oppstillingsplass. Måten beregningene ble gjennomført i Excel var ved å ta avstanden fra et plukk til neste plukk og se på total avstand for dagens løsning og alle de tre nye løsningene. For beregningene ble det gjort en forutsetning om at alle plukkrunder starter med varen i ordren som befinner seg lengst til høyre, og plukkrunder foregår videre mot venstre. I tillegg ble også tatt en forutsetning om at en vare alltid plukkes fra plukklokasjonen helt til høyre dersom det fantes flere plukklokasjoner for nevnte vare. Dette for å være konsekvent gjennom hele analysen. Tabell 5.2 viser et utklipp av beregningen for to vilkårlige ordrer.

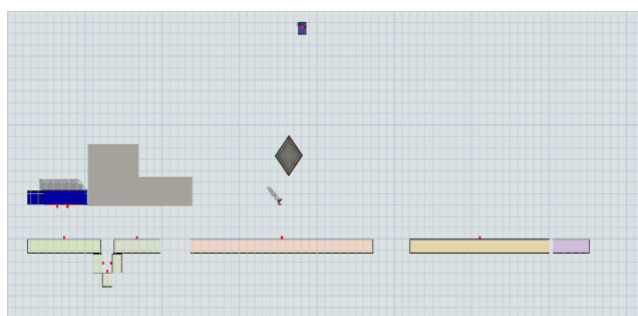
Tabell 5.2: Beregning av transportdistanse for to vilkårlige ordrer.

Dato	Artikkel #	Produkt	Lisens #	Plukkclass	Dagens løsning			Løsning 1			Løsning 2			Løsning 3		
					Start	Slutt	Distanse	Start	Slutt	Distanse	Start	Slutt	Distanse	Start	Slutt	Distanse
Plukk 1	20/10/2021	164 1 L LETTMELK	4100020237	R98												
	20/10/2021	243 1000G SKUMMET KULTURMJØLK	4100020237	R86												
	20/10/2021	4191 3 DL KREMFLØTE 38%	4100020237	R96												
	20/10/2021	6 1 L H-MELK 3,5%	4100020237	R99												
	20/10/2021	6751 1,75 L H-MELK 0,5%	4100020237	S06												
	20/10/2021	6806 1/2 L LETTMELK 0,5%	4100020237	R37												
20/10/2021	813 1 L EPLEJUICE	4100020237	R44													
Plukk 2	18/10/2021	243 1000G SKUMMET KULTURMJØLK	4100023243	R86												
	18/10/2021	4191 3 DL KREMFLØTE 38%	4100023243	R96												
	18/10/2021	5872 1 L APP.JUICE IFK PRESSET	4100023243	R45												
	18/10/2021	73 1000G KULTURMJØLK	4100023243	R87												

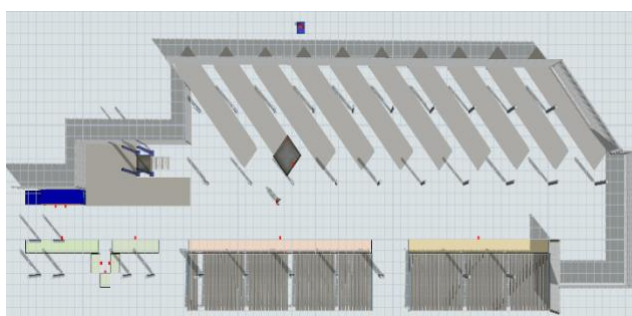
Selve rekkefølgen for plukket ble forskjellig for løsningene. Dette kommer av forutsetningen om at ordre plukkes fra høyre mot venstre. Ettersom plukklokasjonene har blitt endret for de forskjellige løsningene vil startpunktet for de forskjellige løsningene ikke være likt for samme ordre.

5.2.2 FlexSim modellen

FlexSim-modellen er en mer avansert 3D framstilling av Excel-modellen. Ovenfra ser de nærmest like ut med unntak av noen ekstra detaljer hos FlexSim-modellen, som betongsøyler, oppstillingsplasser og heisen fra 2. plan. I praksis er det kun det man ser i figur 5.4 som kreves for å gjennomføre simuleringene, mens figur 5.5 viser de ekstra elementene som samsvarer nærmere virkeligheten.

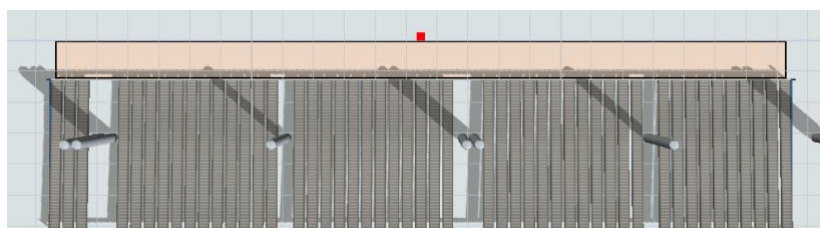


Figur 5.4: FlexSim plantegning av essensielle objekter for simulering.



Figur 5.5: FlexSim plantegning av endelig modell.

Modellen er bygd med de samme forutsetningene og avstandene som Excel-modellen, men gjenspeiler virkeligheten i mye større grad også visuelt. Dette skyldes mye FlexSim sin enkle dra-og-slipp bibliotek der man finner alt fra forskjellige lagringssystemer som «Gravity Flow Rack», til oppgaveutøvere som operatører eller AGVer. I likhet med Excel modellen er avstandene i sonene definert etter RC bredde og antall plukkplasser. Figur 5.6 viser nøyaktig samme utkast av lageret fra FlexSim-modellen som figur 5.2 viste fra Excel-modellen.



Figur 5.6: Pesmel med plukkplasser modellert i FlexSim.

Modellens oppbygging er fokusert rundt den logikken og de objektene som kreves for at endringer i modellen skal gi et realistisk resultat av hvordan endringer hos TINE Meieriet Tunga vil påvirke lageret deres. 3D-modellen inkluderer de fleste fysiske komponentene av lageret som er sentrale for å gjenskape en god replikasjon av lageret. I tillegg bruker modellen som nevnt datatabeller som er hentet fra TINE Meieriet Tunga sitt WMS for å styre generering av ordre. Det vil

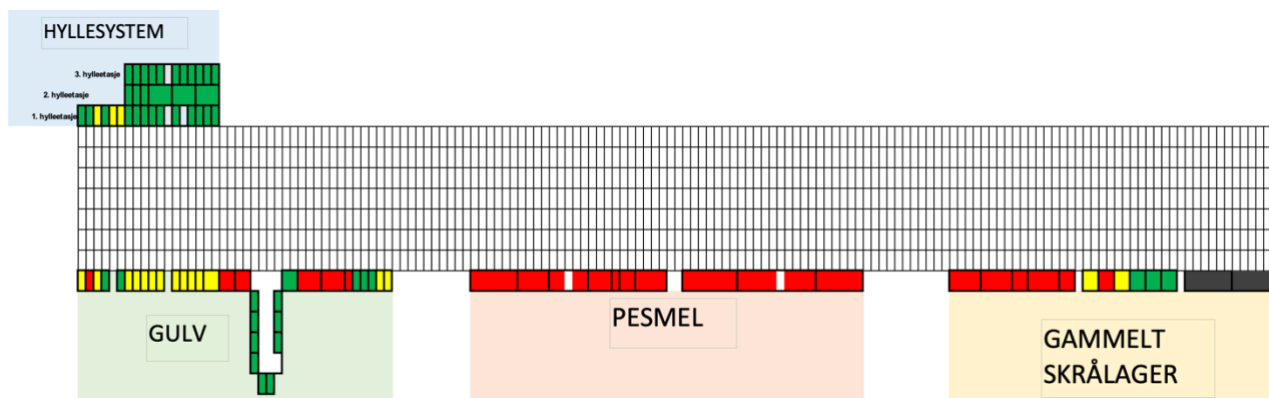
være relativt enkelt å validere modellen som følge av at dette. Modellens objekter og geometri er generelt sett bygget i 3D-modelleringsdelen av FlexSim, mens logikken for operatører, vareflyt og informasjonsflyt er bygget i «Process Flow».

Alle ordrer fra uke 42 ble lagt inn i et regneark som kun inneholdt informasjonen som var nødvendig for at FlexSim kunne gjennomføre ordreplukket. Dette inneholdt lisensnummer (Order ID), artikkelnummer (SKU) og navn, samt et tidspunkt som forteller FlexSim når ordren skal plukkes under simuleringen. Ettersom analysen kun hensyntar transportdistanse og ikke tid, ble alle ordrene sluppet på tidspunkt 0.00s i simuleringen. Ordreplukket fungerer ved at hvert lisensnummer blir lest, og alle SKU som svarer til det lisensnummeret blir lagt inn i en matrise. Lisensnummeret får deretter tilegnet seg en operatør som vil gjennomføre plukket. Rett før selve ordreplukket skjer blir alle SKU som er i ordren sortert etter avstand, slik at transportdistansen for ordren blir kortest mulig. Når siste plukk i ordren er gjennomført blir operatøren tildelt et «Drop Off Area» hvor ordren kan leveres. Når ordren er ferdigstilt får neste lisensnummer tilegnet en operatør og simuleringen fortsetter. Under simuleringen blir det hentet ut relevant data fra modellen, som operatørens transportdistanse og antall gjennomførte plukk. Operatørens transportdistanse vil stå for resultatet av simuleringene, mens antall gjennomførte plukk vil brukes til å validere simuleringen.

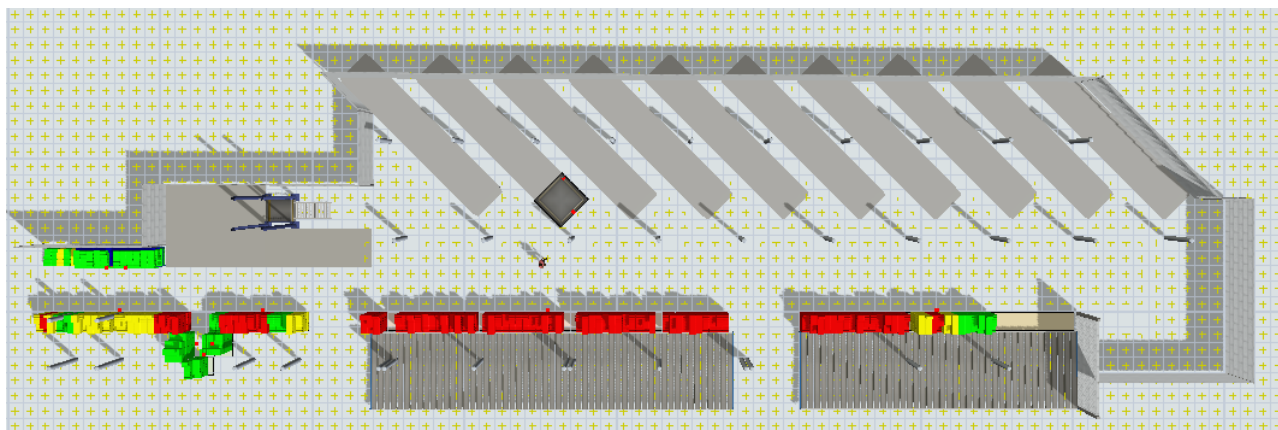
5.3 Plukkløsninger

5.3.1 Dagens løsning

I figur 5.7 ser man at dagens løsning er noe optimert utfra en ABC-klassifisering. Det er derimot noen varer med lav plukkfrekvens som er plassert der det kan vise seg å være mer gunstig å ha varer med høyere plukkfrekvens. Plukklokasjon 1-12 er markert med svart grunnet begrensningen for alle løsningene. Figur 5.8 viser dagens løsning i FlexSim.



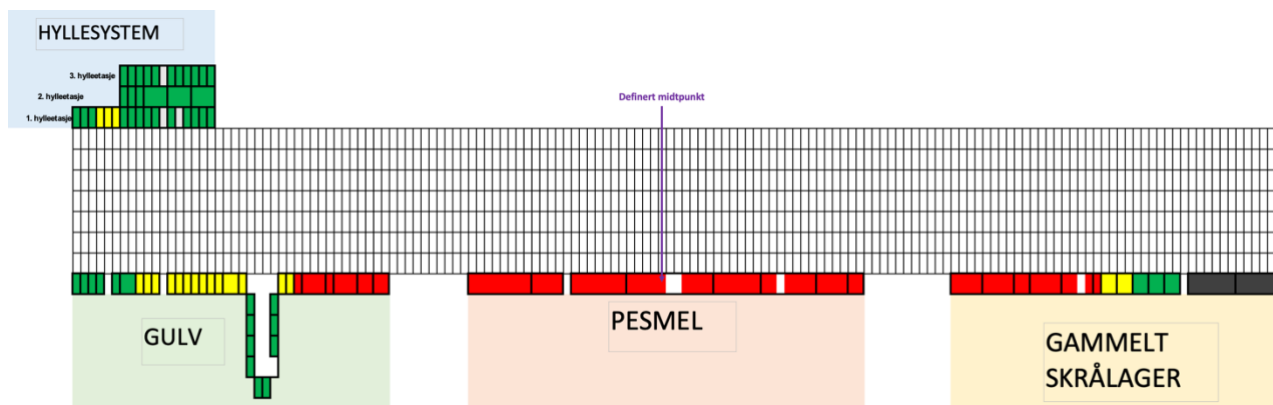
Figur 5.7: Dagens løsning med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra Excel.



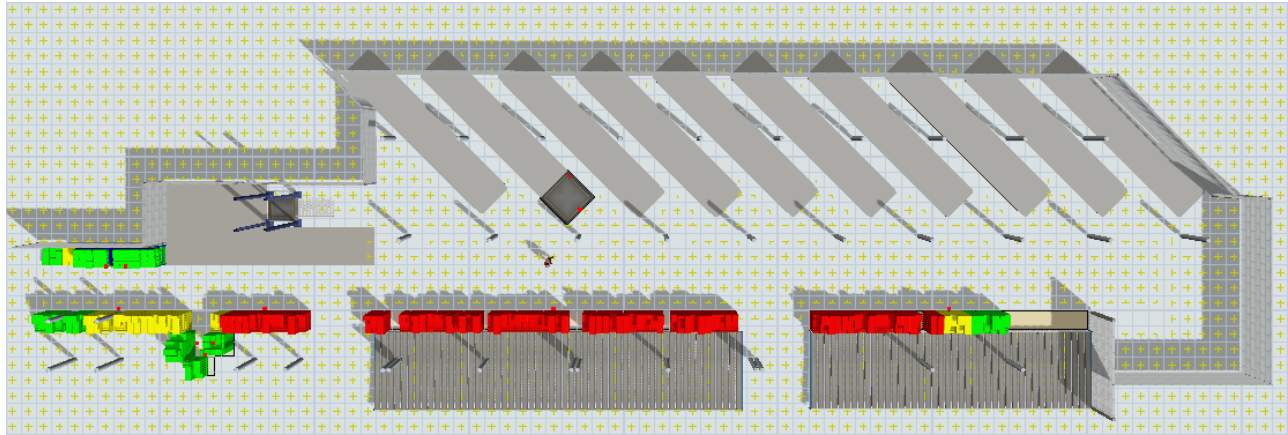
Figur 5.8: Dagens løsninger med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra FlexSim.

5.3.2 Løsning 1

Løsning 1 ivaretar mange av de samme begrensningene som er på lageret i dag, men bruker ABC-klassifiseringen til å endre mange av plukklokasjonene. Begrensningen som er tatt hensyn til i denne løsningen er at det er kun varer som produseres på meieriet som kan plasseres i skrålageret slik som i dag. Det er heller ikke sett på muligheter for å utnytte annet areal til plukk enn det som allerede er benyttet. Figur 5.9 viser løsning 1 med fargekoder for plukkfrekvens. Her ser man at varene med høyest plukkfrekvens er i større grad gruppert sammen. Strafferunden har ikke blitt endret grunnet områdets tilgjengelighet som diskutert tidligere i oppgaven. I løsning 1, som med alle løsninger prosjektgruppen har laget, er det definert et midtpunkt for å ha en referanse å fordele varene utfra. Ettersom 1L lettmelk står øverst i ABC-klassifiseringen, ble den plassert i midten. Videre ble den nest høyfrekvente varen plassert på en av sidene og neste på andre side. Slik fortsatte det til alle varene ble plassert ut til en plukkplass. På grunn av restriksjonen om at kun varer produsert på meieriet kan plasseres i skrålageret, er det fortsatt samme varer i skrålageret og gulv som i dagens løsning. Likevel, er disse varene blitt omrokkert. Figur 5.10 viser løsning 1 i FlexSim.



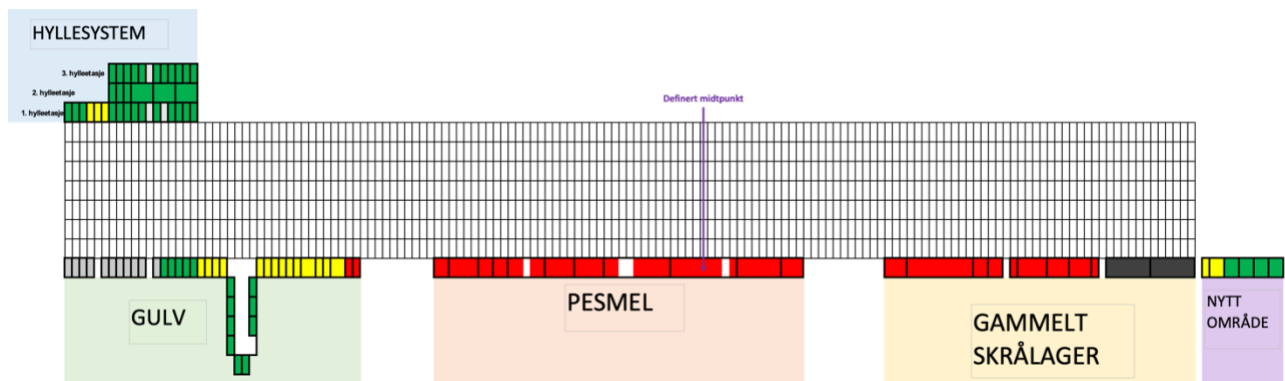
Figur 5.9: Løsning 1 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra Excel.



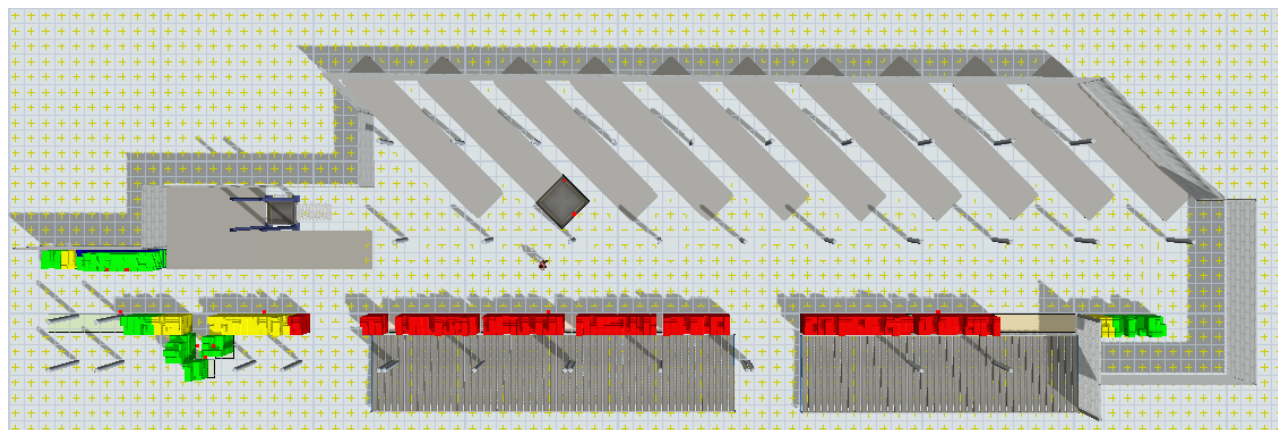
Figur 5.10: Løsning 1 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra FlexSim.

5.3.3 Løsning 2

Løsning 2 inkluderer samme begrensning for plukkclass 1-12, men har mye større frihet ellers. Her sees det på muligheter for å benytte ubrukt areal på høyre side av skrålager, og begrensningen om at kun varer produsert på meieriet kan stå i skrålageret gjelder ikke. I denne løsningen hadde midtpunktet en mer sentral rolle i omplasseringene av varene. Igjen, ettersom 1L lettmeik står øverst i ABC-klassifiseringen, ble den plassert i midten. Videre ble den nest høyfrekvente varen plassert på en av sidene og neste på andre side, som i løsning 1. I motsetning til løsning 1, fortsatte denne vekslingen helt til alle varene ble plassert ut, uavhengig av hva slags vare det var. De siste «A-varene» endte dermed like langt fra midten på hver sin side. Figur 5.11 viser løsning 2 med fargekoder for plukkfrekvens. Løsningen gjør at flere av «B-varene» flyttes nærmere pesmel og gammelt skrålager, hvor størst andel av plukkoperasjonen finner sted. Man sparer også distanse til disse varene sammenlignet med løsning 1, ettersom flere høyfrekvente varer flyttes på høyre side av strafferunden. Strafferunden har i løsning 2 blitt noe endret der varene i strafferunden ble omrokkert slik at varene med høyest plukkfrekvens står nærmest utgangen. Figur 5.12 viser løsning 2 i FlexSim.



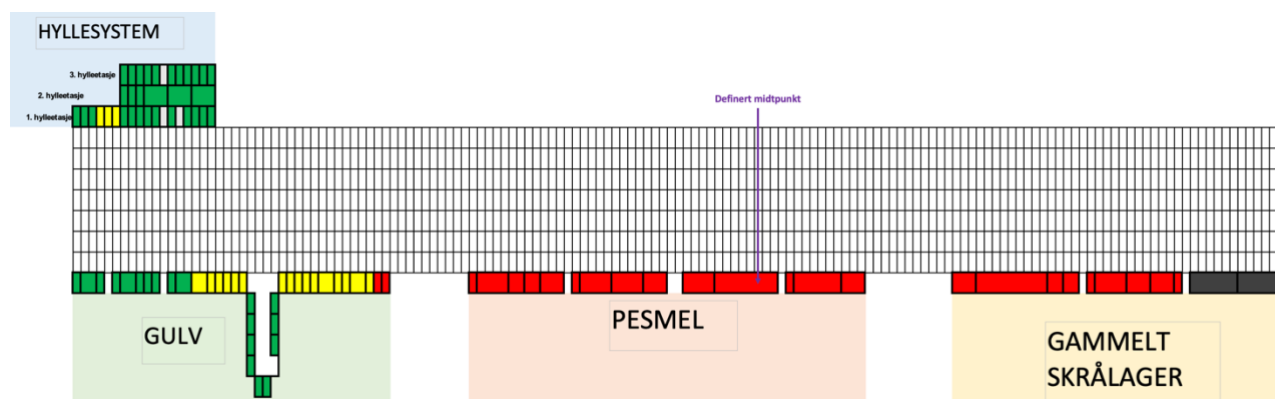
Figur 5.11: Løsning 2 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra Excel.



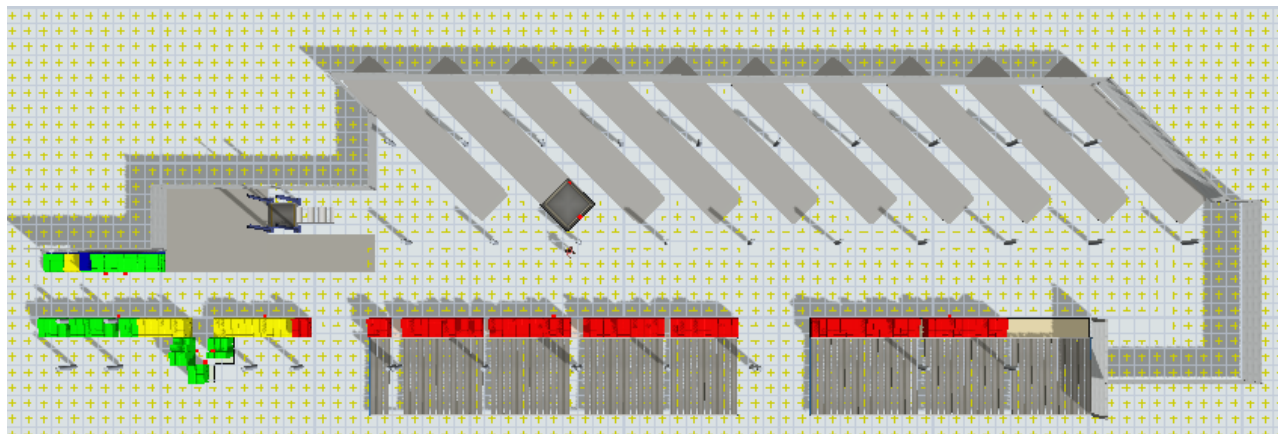
Figur 5.12: Løsning 2 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra FlexSim.

5.3.4 Løsning 3

Løsning 3 er en kombinasjon av suksessen for både løsning 1 og 2. Den inkluderer samme begrensning for plukkplass 1-12, men har også mye frihet. Her er det ubenyttede området fjernet da resultatene på løsning 2 ikke tydet på at det ubenyttede området utgjorde en fordel. Derimot, fokusering på midtpunktet ga positivt utslag på resultatene og ble derfor gjennomført i løsning 3. A-varene står samme sted som i løsning 2, men varene som ble plassert i det nye området ble flyttet over til gulvet. Varene på gulvet ble derfor omrokkert med hensyn til de nye varene som kom inn. Figur 5.13 viser løsning 3 med fargekoder for plukkfrekvens. Denne løsningen gjør også at flere av «B-varene» flyttes nærmere pesmel og gammelt skrålager. I tillegg sparer man distanse til disse varene sammenlignet med løsning 1, ettersom flere av varene flyttes på høyre side av strafferunden som i løsning 2. Strafferunden har i løsning 3 blitt endret på samme måte som løsning 2. Figur 5.14 viser løsning 3 i FlexSim.



Figur 5.13: Løsning 3 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra Excel.



Figur 5.14: Løsning 3 med fargekoder for plukkfrekvens. Hentet fra FlexSim.

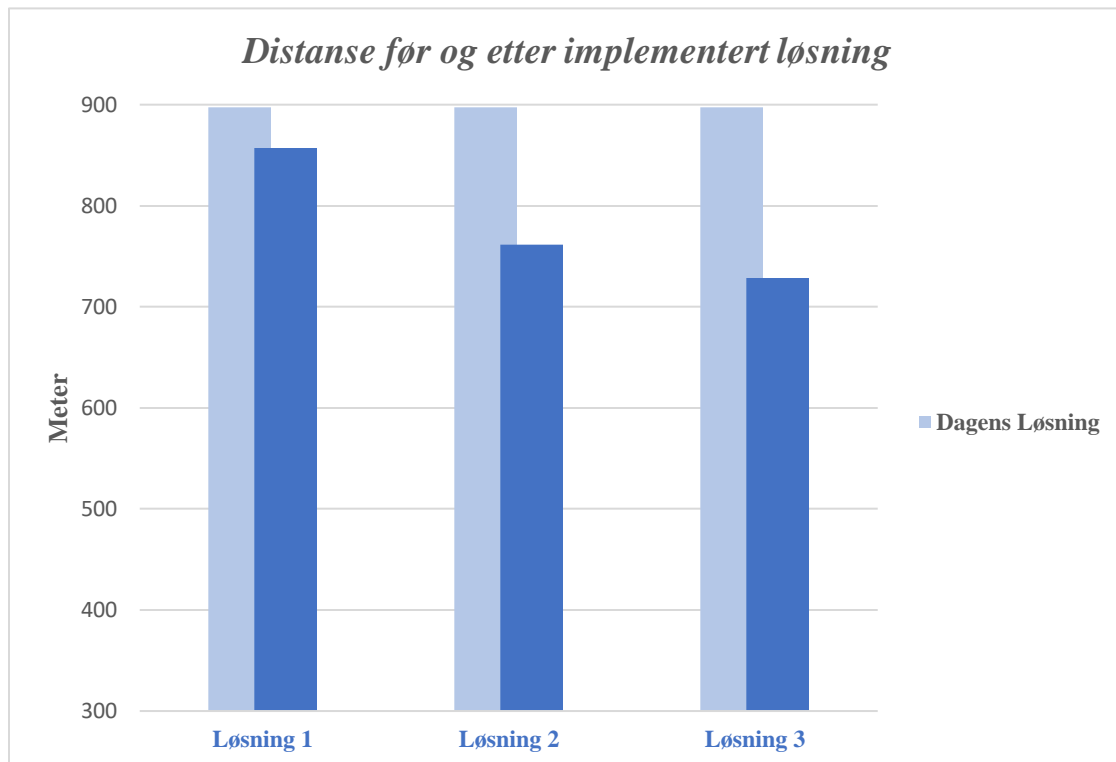
5.4 Resultater

5.4.1 Grunnleggende resultater

Tabell 5.3 viser en framstilling av de grunnleggende resultatene fra Excel-analysen. Her kan man både se total transportdistanse av å utføre de utvalgte plukk rundene med dagens oppsett, samt den mulige distansen ved prosjektgruppens løsninger. I tillegg kan man se prosentvis endring i løsningene sammenlignet med dagens oppsett. Utfra resultatene kunne prosjektgruppen se at utførelse av de 24 tilfeldig valgte plukk rundene endte med en total transportdistanse på 897,41m med dagens løsning. Løsning 1 endte med en total transportdistanse på 856,99m, 761,53m med løsning 2 og 728,42m med løsning 3. Dersom denne prosentvise endringen viste seg å være konsistent for alle plukk runder sammenlagt, ville det tilsi en reduksjon på 0,68-2,82 km på de 15 kilometerne operatørene enkelte ganger må gå i løpet av en dag.

Tabell 5.3: Framstilling av transportdistansene fra 24 tilfeldig ordrer i Excel

	Dagens Løsning	Løsning 1	Løsning 2	Løsning 3
Total distanse i meter	897.41	856.99	761.53	728.42
Prosentvis endring	0.00%	4.50%	15.14%	18.83%



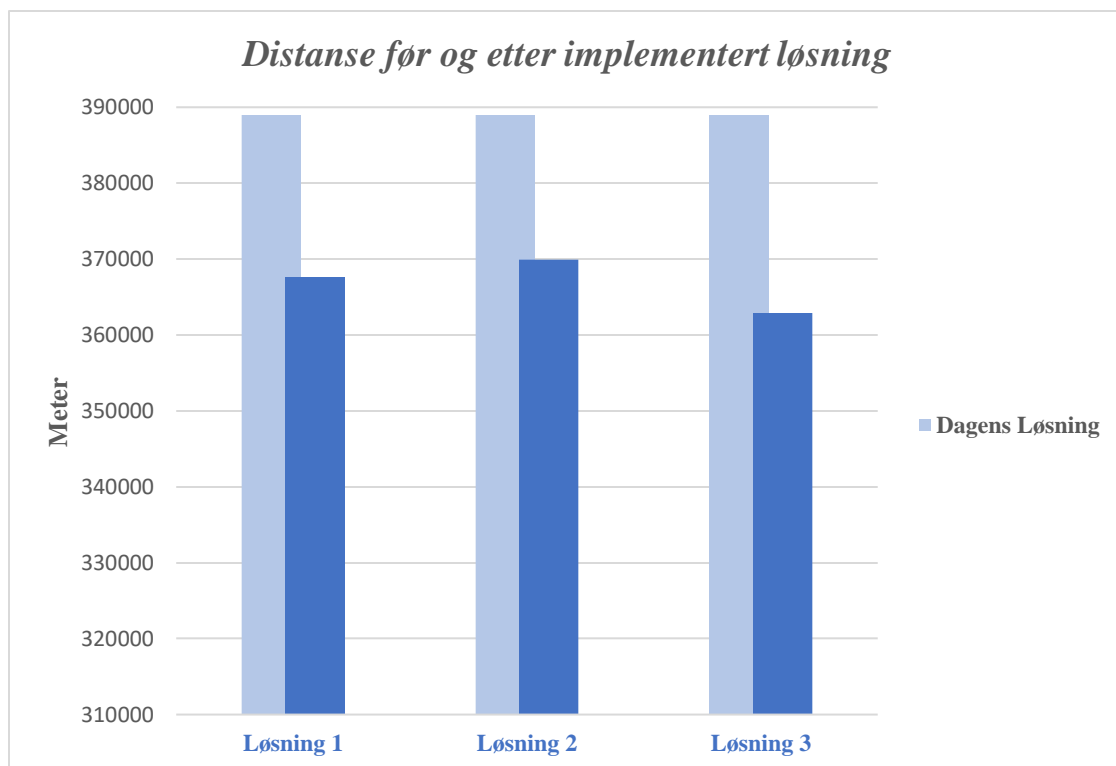
Figur 5.15: Visualisering av transportdistansene fra 24 tilfeldig ordrer i Excel.

5.4.2 Faktiske resultater

Tabell 5.4 viser en framstilling av resultatene fra alle ordrene simulert i FlexSim-modellen. Her kan man også se total transportdistanse av å utføre de utvalgte plukk rundene med dagens oppsett, samt den mulige distansen ved prosjektgruppens løsninger. I tillegg kan man se prosentvis endring i løsningene sammenlignet med dagens oppsett. Resultatene viser at utførelse av alle plukk rundene i den utvalgte uken ender med en total transportdistanse på 388 988,17m med dagens løsning. Løsning 1 ender med en total transportdistanse på 367 681,4m, 369 917,26m med løsning 2 og 362 902,63m med løsning 3. Den prosentvise endringen tilsier en reduksjon på 0,74-1,00 km på de 15 kilometerne operatørene enkelte ganger må gå i løpet av en dag.

Tabell 5.4: Framstilling av transportdistansene fra alle ordrer i FlexSim simulering.

	Dagens Løsning	Løsning 1	Løsning 2	Løsning 3
Total distanse i meter	388988.17	367681.4	369917.26	362902.63
Prosentvis endring	0.00%	5.48%	4.90%	6.71%



Figur 5.16: Visualisering av transportdistansene fra alle ordrene i FlexSim simulering.

5.4.3 Validering av resultater

For å validere resultatene fra simuleringen ble det innhentet data over hvor mange plukk som ble gjennomført i hver simulering, og hvor mange plukk som faktisk ble gjennomført i uke 42. Dataen tilsendt fra TINE, som ble benyttet til simuleringen, inneholdt totalt 24 818 individuelle plukk. Simuleringer hvor antall plukk under simuleringen ikke var tilsvarende dataen til TINE ble ikke tatt med i resultatene. På den måten kunne prosjektgruppen være sikre på at alle varer som skulle plukkes ble plukket.

5.5 Intervju

Målet med intervjuet var å inkludere de ansatte i problemstillingen, få andre vinklinger på hvordan løsningene vil fungere i praksis og avdekke nyttige områder å jobbe videre med. Det ble gjennomført individuelle intervjuer av 5 operatører, alle med praktisk erfaring fra plukkoperasjonen på 1. plan. Gruppen stilte operatørene 6 spørsmål, 3 generelle og 3 knyttet til løsningene fra bacheloroppgaven:

(i) *«Hva mener du er den største utfordringen med plukkoperasjonen på 1. plan?»*

4 av 5 nevnte transport som den største utfordringen. Den gjenstående operatøren synes den største utfordringen er plukk av varer som ligger langt nede, men nevnte uoppfordret også transport som en utfordring.

Deretter ble operatørene presentert oppgaven i korthet og orientert om teorien som danner grunnlaget for analysen. Løsningene ble presentert og operatørene fikk muligheten til å stille spørsmål.

(ii) *«Føler du transportdistansen under plukk på 1. plan er fysisk belastende?»*

3 av 5 operatører mente at transportdistansen er fysisk belastende. De andre operatørene mente at transportdistansen ikke nødvendigvis er fysisk belastende i den grad at de blir påvirket av det, men valgte heller å se på det som trim. Alle konkluderte derimot med at det er mye unødvendig gåing, og det kan bli en belastning når de blir eldre.

(iii) *«Dersom du hadde frie tøyler, hva ville du endret på 1. plan?»*

Her kom operatørene med flere spennende innspill. To operatører ønsket mer plass på lageret. En annen foreslo å dele opp lageret i to soner der operatørene har ansvar for plukk kun i den sonen den har blitt gitt. Dersom det meste av plukket må gjennomføres i den ene sonen så

setter man flere operatører i den sonen og færre i den andre. Operatøren med ideen mente at dette ville minke transportdistansen og det ble mer museskritt framfor lange strekninger.

En annen operatør ønsket mer effektivisering av ordre som består av flere RC. Noen RC kommer fra 2. plan og skal fullføres i første, såkalte «Top-off»-containere, og noen skal kun plukkes på 1. plan. «Top-off» containerne starter plukkningen ved heisen, og har dermed kortere avstand til mindre varer som befinner seg på gulv og i hyllesystemet. Operatøren uttrykte et ønske om at d-pak som befinner seg i disse sonene og skal til samme kunde, skal plukkes på «Top-off»-containeren og ikke i RC som kun plukkes i første. Dette mener operatøren vil redusere mye unødvendig transport.

(iv) **«Hvis du fikk oppgaven om å redusere transportdistansen, hva tror du ville gitt størst utslag?»**

Da dette spørsmålet ofte førte til samme svar som i spørsmål (iii), var det ikke mye å hente her. Derimot, var det en som mente at dersom operatørene kunne vite hva som inneholdt i ordren før selve plukkingen ville de selv klare å planlegge ruten mye mer effektivt. Dette ville da også føre til kortere transportdistanse.

(v) **«Tror du varehus-slotting er egnet til TINEs 1.plan lager?»**

Spørsmålet var rettet mot det faktum om at varehus-slotting blir oftest framstilt som i lager med reolsystemer, ikke en lang rekke varer som på 1.plan hos TINE Meieriet Tunga. Operatørene syntes det var vanskelig å si for sikkert om det kunne gi utslag eller ikke, men de fleste var enige i at teorien ga mening og hørtes interessant ut selv på 1.plan. En operatør uttrykte bekymring over plassmangel dersom flere operatører vil samles der varene med høyest plukkfrekvens er. Dette tror operatøren kan føre til kø.

(vi) **«Tror du løsningene våre vil fungere i praksis?»**

Her også var det vanskelig å si for operatørene. Noen mente at det har potensiale, men må testes i praksis. Andre lente mer mot at det ikke vil utgjøre en forskjell da det er blitt forsøkt å minimere transportdistansen så mange andre ganger uten å lykkes. En ting var åpenbart, alle håpte løsningene ville fungere.

Intervjuet avklarte at operatørene generelt mener transport er den største utfordringen og belastningen ved plukkoperasjonen på 1. plan. Operatørene kom med flere vinklinger på hva som kanskje kan redusere transportdistansen ytterligere, som for eksempel soneplukk. Intervjuet ga god innsikt i operatørenes oppfatning av problemet og løsningene. Prosjektgruppen ble gjort oppmerksom på områder som er nødt til å tas i betraktning før en eventuell løsning kan implementeres, som for

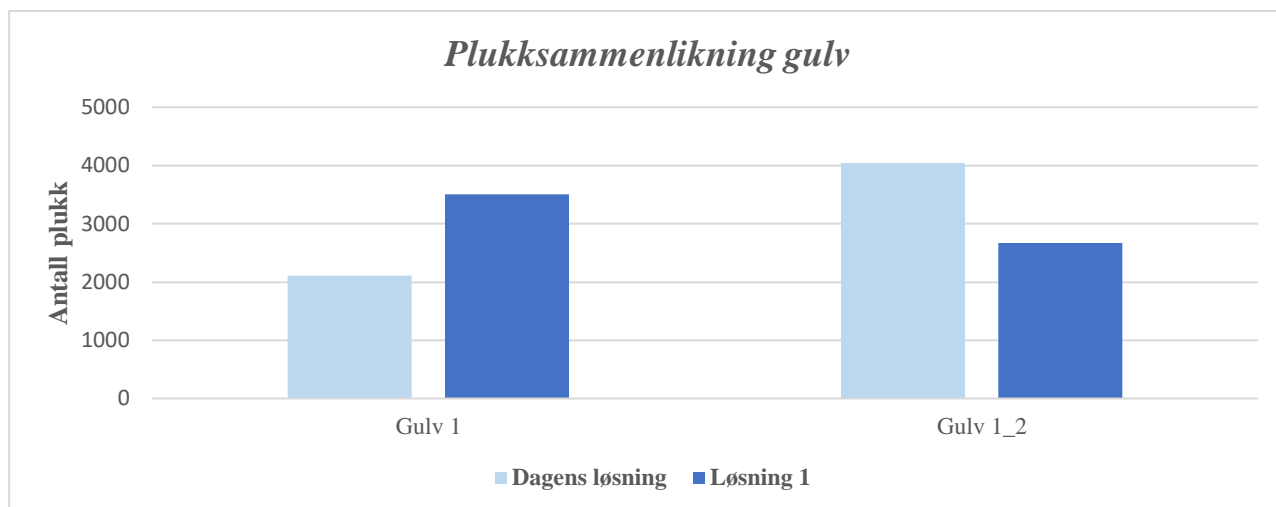
eksempel plassmangel. Operatørene var generelt positive til løsningene og ga uttrykk for at de ønsker at løsningene også lykkes i praksis.

6 Diskusjon

Under simuleringen av transportdistansen ved dagens løsning tydet dataen på at operatørene ofte måtte bevege seg lengre enn nødvendig, mye grunnet «A-varene» som befant seg på ugunstige plasser. ABC-analysen viste at det var noen «A-varer» som befant seg langt til venstre på gulvet. Dette gjorde at operatørene ofte måtte bevege seg langs hele plukkrekken for å plukke en ordre, noe som resulterte i unødvendig transport under plukk. Det ga muligheten til å komme med nye løsninger som endrer lokasjonen til disse varene for å se om dette ville redusere transportdistansen.

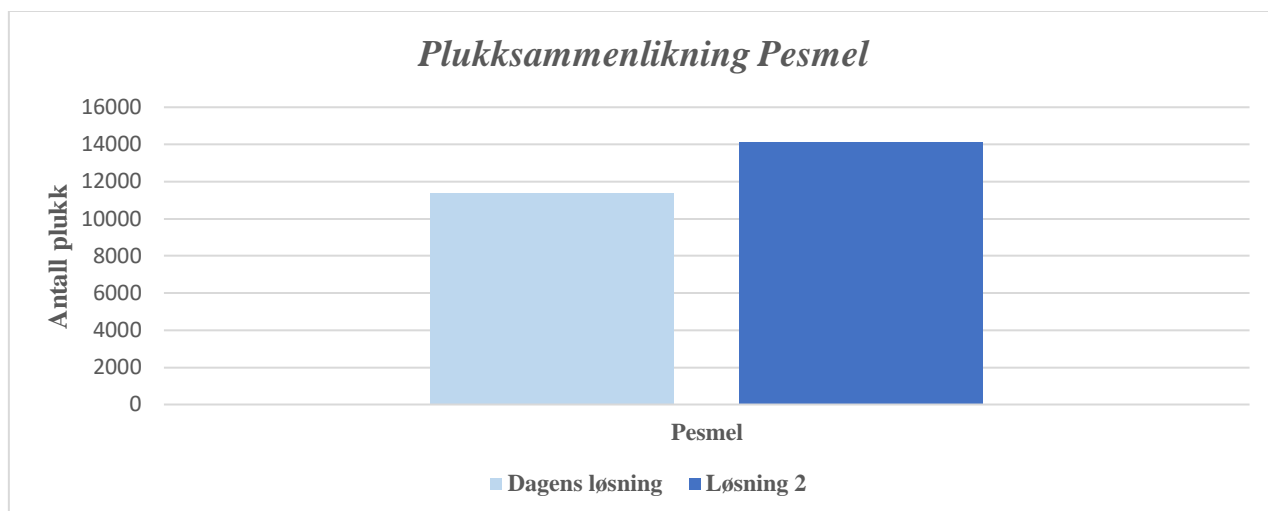
I likhet med de grunnleggende resultatene viste de faktiske resultatene fra FlexSim-modellen at alle løsningene ga en forbedring av dagens løsning. Løsning 2 gikk fra å potensielt forbedre transportdistansen med litt over 15% til litt under 5%, og løsning 3 fra nesten 19% til litt under 7%. Dermed kan man anse de 24 tilfeldig utvalgte ordrene som ble analysert i Excel som svært fordelaktig for de etablerte løsningene, mens andre ordrer kanskje ikke ville gitt like stort utslag. Dette viser også viktigheten av å analysere mye og helst all data for å oppnå mest presise målinger.

Til tross for reduksjonen i prosentvis endring hos løsning 2 og 3, utmerket løsning 1 seg ved å gjøre det stikk motsatte. Som tidligere nevnt, resulterte dagens løsning i en total distanse på 367 681,4m. Dette tilsier at den prosentvise endringen som tidligere så ut til å være 4,5%, økte til nesten 5,5%. Løsning 1 er som nevnt den løsningen som hensyntar de største begrensningene i form av hvor stor grad plukklokasjonene kan endres. Løsningen ble bygget opp ved at varen med høyest plukkfrekvens (1L lettmelk, R98) ble plassert midt i lageret. Videre jobbet gruppen seg nedover listen, og bygde lageret slavisk etter ABC-klassifiseringen så godt det lot seg gjøre i utfra begrensningene. Dette gjorde at «A-varene» som tidligere var plassert langt til venstre på gulvet og varene som plukkes oftest i hyllesystemet, ble flyttet nærmere pesmel. Simuleringen viste at operatørene sparer litt transport på dette i forhold til dagens løsning. Figur 6.1 sammenligner antall plukk ved gulv 1 og gulv 1_2 i dagens løsning med løsning 1. Forskjellene gjenspeiles i dataene, som viser en betydelig endring på totalt 1 375 antall plukk ved gulv 1_2 fra dagens løsning til løsning 1, hvor «A-varene» er flyttet fra gulv 1_2 til gulv 1. Dette gjør at ordre som inneholder disse varene blir noen meter kortere i løsning 1 sammenlignet med dagens løsning. Løsningen resulterte i en forbedring på 5,48% sammenlignet med dagens løsning, og vil la seg gjennomføre uten store investeringer. Ingen varer blir flyttet fra sine opprinnelige soner, og må kun omroteres i sin respektive sone.



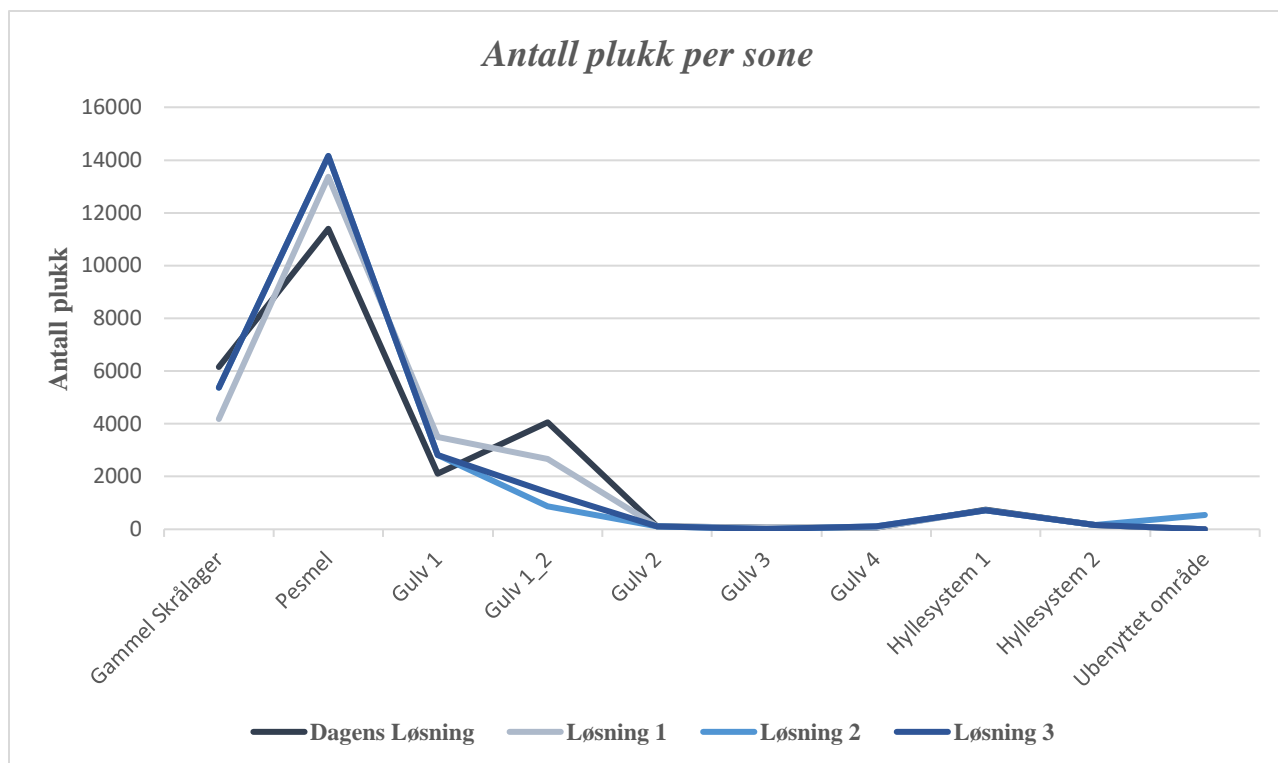
Figur 6.1: Sammenlikning av antall plukk på gulv 1 og gulv 1_2 hos dagens løsning og løsning 1.

Løsning 2 tar i bruk hittil ubenyttet område på andre siden av skrålager. Dette området benyttes i dag som lagringsområde og oppstillingsplass, men disse oppstillingsplassene brukes sjeldent og kan derfor muligens utnyttes bedre i en ny plukkløsning. Dette gjorde at midtpunktet, som igjen ble startpunktet for reallokeringen, ble flyttet lenger mot det nye område. En slik fordeling skal utfra teorien om slotting være det beste, men resultatene fra simuleringen viste noe annet. I noen tilfeller hvor ordren inneholdt varer i ubenyttet område og gulvet, måtte operatørene bevege seg en større distanse i løsning 2 enn i de andre. Det kan derfor vise seg at en slavisk utførelse av en ABC-klassifisering med varehus slotting kan gi større effekt for en annen planløsning, for eksempel et reolsystem. Løsning 2 resulterte i en 4.90% forbedring. Det er også blitt tatt mange friheter som løsning 1 ikke tillot, som at alle varer har muligheten til å stå i pesmel eller gammelt skrålager. Dermed fikk alle «A-varer», med unntak av to, plass i skrålageret. Dette vises også i figur 6.2, hvor man ser at plukket i pesmel har økt betraktelig i løsning 2 sammenlignet med dagens løsning. Siden løsning 2 etablerer et nytt plukkrområde kreves det mer ressurser å implementere sammenliknet med løsning 1. Dette lagt til grunn, sammen med resultatet som er dårligere enn løsning 1, vil ikke gruppen anbefale løsning 2. Det kan derimot være andre faktorer, for eksempel frigjort plass ved gulv 1_2, som kan gjøre løsningen interessant når den vurderes etter andre faktorer enn bare transport.



Figur 6.2: Sammenlikning av antall plukk i pesmel hos dagens løsning og løsning 2.

Løsning 3 inneholder som nevnt det beste fra begge foregående løsninger. I løsning 1 ble det observert at begrensningen om at kun varer som er produsert på meieriet kan stå i skrålageret hindret varer som plukkes oftere å få en mer sentral plass i lageret. I løsning 2 ble det observert at det ekstra området kun førte til at det ble lengere transportdistanse, ettersom operatøren ofte måtte bevege seg helt til gulvlageret i samme ordre. I løsning 3 ble derfor «A-varene» stående slik de ble plassert i løsning 2, men B- og C-varene i ubenyttet område ble flyttet over til gulvet for å unngå den ekstra transportdistansen. Ettersom det kom nye varer inn på gulvet, måtte en ny omrokering gjennomføres. Dermed ble de mest høfrefrevente varene plassert nærmest pesmel, da det er der størst andel av plukkoperasjonen finner sted. Løsningen gjorde at plukket blir mer sentrert rundt pesmel og resulterte i en forbedring på 6.71%. Figur 6.3 viser antall plukk per sone for de forskjellige løsningene. Her kan man se at de nye løsningene bedre senterer plukket rundt pesmel der de fleste portene befinner seg. Dagens løsning har flere plukk ved gulv 1_2, noe som resulterer i en gjennomsnittlig større plukkrekke.



Figur 6.3: Sammenlikning av antall plukk per sone hos de forskjellige løsningene.

De forskjellige begrensningene som er satt for hver løsning gjenspeiler også hvor vanskelig det er for TINE Meieriet Tunga å implementere løsningene, da begrensningene er satt ut fra hvordan lageret ser ut i dag. Løsning 1, med flest begrensninger, skal være lite ressurskrevende for meieriet å gjennomføre og vil ikke kreve noen form for ombygging. Likevel ser man at løsning 1 gjør det mulig å redusere transporten med 5.48%. Dette vil tilsvare ca. 0.82km dagen, eller 4.1km per arbeidsuke, basert på at operatører kan gå opptil 15km dagen. Løsning 3 krever at meieriet innfører en måte å plassere varer som ikke produseres på meieriet inn i skrålageret, men vil også redusere transportdistansen ytterligere. Løsning 3 vil føre til en reduksjon på opptil 1km dagen, eller 5km per arbeidsuke.

Nedgangen i transportdistanse vil øke kapasiteten til meieriet ettersom det fører direkte til en reduksjon i både ordrebehandlings-tid og belastningen på operatører, noe som igjen vil påvirke arbeidseffektiviteten. I forbindelse med effektmålene for oppgaven viser de faktiske resultatene dermed redusert transport på en gjennomsnittlig ordre, økt kapasitet som følge av mindre transport og mindre belastning på operatørene.

Alle løsningene bidrar til å redusere transportdistansen under ordreplukk, men før de eventuelt implementeres er det viktig at effekten av de blir målt med andre parametere enn kun transport. En operatør uttrykte bekymring på plassmangel. Dette er en faktor som må hensyntas da en sentring av plukket rundt pesmel kan føre til en samling av operatører i denne sonen på samme

tidspunkt. Operatørene påpekte også at selv om løsningene reduserer transportdistanse, kan de skape mer arbeid på andre deler av plukkoperasjonen. For eksempel kan løsning 2 og løsning 3 gi operatørene mer arbeid ved at de selv må sende varer inn i pesmel og gammelt skrålager som ikke kommer fra produksjon.

En av operatørene stilte seg kritisk til at dataen analysert i denne bacheloroppgaven er hentet ut fra kun én uke i 2020, da dette ville bety at sesongsvingninger ikke blir tatt hensyn til. Dette er noe prosjektgruppen tenkte på fra start av og ville finne en måte å ta høyde for. Selv om prosjektgruppen har etablert tre løsninger for uke 42, har det alltid vært til hensikt å presentere en fremgangsmåte for hvordan TINE selv kan bruke prosjektgruppens analysearbeid til å lage nye løsninger månedlig eller til og med ukentlig. Nettopp det at de etablerte løsningene er skapt basert på ordrefrekvens i løpet av én uke, betyr at nye løsninger kan lages ved å se på data fra en annen uke. Ta løsning 1 som eksempel der alle varer blir kun omrokkert i sin originale sone. I teorien kan TINE enkelt sortere om data fra en annen uke etter ordrefrekvens og utføre varehus-slotting deretter. Så lenge flytting av plukkloksjoner innad i egne soner ikke er for tungvint, anbefaler prosjektgruppen ny løsning ukentlig. Dette for å opprettholde 5,5% reduksjon i transportdistanse, noe som tilsvarer litt under 1,7 mil besparelse i transportdistanse per operatør i måneden.

6.1 utfordringer og svakheter

Gjennom hele prosjektet dukket det opp flere utfordringer. Den første utfordringen var å samle korrekt data. Prosjektgruppen var på flere bedriftsbesøk for å gjennomføre avstandsmålinger og loggføre plukklokasjoner ettersom flere av disse er dynamiske og det eksisterer ikke noen oversikt over hvor plukklokasjonene fysisk befinner seg, knyttet til dataen fra WMS. Dataene som ble benyttet i analysen var også hentet direkte ut av WMS, som viste seg å ikke ha noen logisk struktur i Excel. Prosjektgruppen mottok god hjelp fra TINE for å forstå dataene, og kunne på den måten strukturere dataene på en slik måte at en Pareto analyse og ABC-klassifisering kunne gjennomføres.

Neste steg var å bygge FlexSim-modellen som kunne benyttes til å beregne avstandene for de forskjellige løsningene. Utfordringen her var at det ble tidlig klart at prosjektgruppen manglet nødvendig kunnskap for å lage hele 3D-modellen. For å overkomme denne utfordringen leste prosjektgruppen seg opp på FlexSim-veiledninger, stilte spørsmål i FlexSim forum og fikk noe konsultasjon fra en FlexSim ekspert. Det er mye mulig modellen kunne blitt bygget mer effektivt og oversiktlig, men resultatene ville trolig vært det samme.

Det er flere svakheter med analysen. Mange av disse stammer fra manglende data og tid. En svakhet med beregningen av transportdistansen er at avstandene mellom hver plukklokasjon, og større avstander som for eksempel mellom skrålager og gulvlager, ikke er presise i forhold til virkeligheten. Det ble derimot besluttet at så lenge analysen er konsekvent med avstandene gjennom

alle beregningene, skal resultatene bli reflektert i virkeligheten. En annen svakhet er at noen av dataene knyttet til plukklokasjoner som ble innhentet ved bedriftsbesøk ikke lenger var gjeldene under analysen på grunn av sesongsvingninger som fører til økt etterspørsel av visse varer. Dette kunne også gjøre at noen varer i den virkelige plukkprosessen ikke ble tatt med i analysen. Dette gjaldt et fåtall produkter og plukk, og disse ble dermed fjernet fra ordrelisten.

Analysen mangler også virkelig testing. Dette innebærer å undersøke hvor godt løsningene fungerer i praksis under en rekke sannsynlige forhold. Fysisk testing er viktig siden man kan oppdage mulige defekter som ikke kan forutses eller simuleres. Dette vil igjen garantere kvaliteten på løsningene og gjør de mer pålitelig å bruke. En grundig testet løsning ville dermed sikret mer pålitelighet og synliggjort løsningenes effekt på andre deler av plukkoperasjonen.

FlexSim-modellen inneholder også noen svakheter utenom de ovennevnte. Blant disse er at (i) modellen ikke tar høyde for om en ordre er så stor at det tar flere RC for å fylle den. Dette vil si at all ekstra transport ved å hente flere RC for å fylle samme ordre ikke blir tatt med i regnestykke. (ii) Kun én operatør plukker ordrene i modellen. I virkeligheten var det på det meste 21 operatører som jobbet samtidig på 1.plan under uke 42. Dette vil si at modellen ikke tar høyde for mulige konflikter som trange ganger og liten plass, noe som en av operatørene uttrykte som en utfordring under intervjurunden. (iii) Kun ett dropoff område. Som man ser på plantegningene for 1.plan finnes det i virkeligheten 12 oppstillingsplasser der operatørene kan legge fra seg RC-ene etter fullført plukk. Noen ganger er riktig oppstillingsplass rett ved der en plukkrunde slutter, mens ved andre tilfeller er den på helt motsatt ende. Ulempen med at 3D-modellen ikke har 12 oppstillingsplasser blir dermed at de simulerte transportdistansene kan være noe unøyaktige, spesielt også siden den ene som finnes er plassert i midten av lageret. (iv) FlexSim modellen inneholder ikke alle varene som er på 1. plan. Eksempelvis er det noen varer som er lagret på paller på venstre side av gulvlageret. Den faktiske lokasjonen for disse varene i uke 42 er ikke loggført og ble derfor utelatt fra analysen. Plukkfrekvensen av disse varene er derimot lav. (v) Plukklokasjon 1-12 i gammelt skrålager inneholder som nevnt fulle RC av 1,75L melk. Disse lokasjonene kunne ikke endres og ble derfor utelatt fra analysen. Ordrene hvor det plukkes en slik ordre, som bare inneholder en eller flere RC av 1,75L melk, er derimot til stede i ordredatane og vil derfor bli plukket.

7 Konklusjon

Gjennom bacheloroppgaven har prosjektgruppen vist hvordan transportdistansen til en gjennomsnittlig ordre kan reduseres ved å utnytte prinsippene bak Pareto analyse, ABC-klassifisering og varehus slotting. Ved å se på alle plukk rundene i den utvalgte uken kan dagens transportdistanse på 388 988,17m bli redusert med 5,5% hos løsning 1, 4,9% hos løsning 2 og 6,7% hos løsning 3. Dette vil si at løsning 2 gikk fra å potensielt forbedre transportdistansen med litt over 15% i de grunnleggende resultatene til litt under 5%, og løsning 3 fra nesten 19% til litt under 7%. Løsning 1 derimot, økte med 0,98%. De grunnleggende resultatene viste seg dermed å inneholde avvik, og det foretrukne løsningsforslaget ble endret fra løsning 3 til løsning 1.

Teorien bak ABC-klassifisering og varehus slotting tilsier at ved å allokere de mest populære varene til de mest tilgjengelige lagerlokasjonene, vil man kunne kutte ned transportdistansen i varehuset. Gjennom simulering av prosjektgruppens løsninger kunne man se at dette ikke nødvendigvis alltid var tilfelle. Trekket lagerets begrensninger inn, som at noen varer må bli værende på enkelte plasser, vil man se at slavisk utførelse av ABC-klassifisering og varehus slotting ikke resulterte i største reduksjon av transportdistanse. I praksis betyr dette at en må ta hensyn til alle begrensninger når man utfører ABC-klassifisering og varehus slotting. I tillegg viser det hvor viktig det er med kvantitative beregninger, samt hvordan 100% validering av resultater er utfordrende uten virkelige tester.

Resultatene kan overføres til andre bedrifter til en viss grad dersom plukkoperasjonen er noe lik som den på 1. plan hos TINE Meieriet Tunga. Med dette menes at plukkplassene er plassert i en lang rekke i bredden, kontra flere reoler med plukkplasser i høyden. Dette fordi ved en sjelden ordre som inneholder kun to produkter, kan løsningen hos TINE føre til at en operatør må gå forbi alle plukkplassene. Derimot, i et tilfelle der en bedrift har et lager med reoler, finnes det ingen ordre bestående av kun to produkter der operatøren må gå forbi alle plukkplassene. Det kan derfor vise seg at en slavisk utførelse av en ABC-klassifisering med varehus slotting kan gi større effekt for et reolsystem. Studiets resultater vil dermed være mer naturlig å overføre til en bedrift med samme struktur og begrensninger som på 1. plan hos TINE Meieriet Tunga, kontra en annen plukkprosess.

Til tross for at målene for prosjektet kan anses som oppfylt og forskningsspørsmålene er besvart, følger studiet med diverse svakheter. (i) *Tid- og ressursmangel* har gjort at prosjektgruppen ikke fikk analysert løsningene i praksis. I tillegg har det ført til avgrensinger i FlexSim modellen, som implementering av flere oppstillingsplasser eller kapasitetsbegrensninger til en operatør. (ii) *Analysen inneholder ikke alle produkter som er på 1. plan*, men gruppen har konkludert med at disse produktene ikke vil påvirke resultatene nevneverdig.

Før beslutningen om å implementere noen av løsningene skal tas, er man nødt til å vurdere flere mulige scenarier for å se om noen kan gi bedre resultat. Videre arbeid bør derfor være å optimalisere plukkløsningen basert på andre variabler og begrensninger, og måle andre parametere enn kun transportdistanse. Dette kan for eksempel gjøres i FlexSim ved hjelp av verktøy som «Experimenter» og «Optimizer», som kjører simuleringen flere ganger med forskjellige variabler for å sjekke utfallet av flere scenarier. «Optimizer» kan kjøre simuleringene automatisk, og finne de beste kombinasjonene. Dette ble ikke gjort i oppgaven grunnet manglende lisens for verktøyene.

For å rettferdiggjøre en endring av plukkløsningen må man også se hvilken påvirkning endringen har på andre variabler. Det er mulig løsningene ikke gir de samme resultatene når man legger til flere elementer som flere plukkere, steder å levere ordre, samt rekkefølgen ordrene blir sluppet i. Varene og ordrene som meieriet mottar i dag er forskjellig fra hva som var i uke 42 i 2020. Nye, korrekte prognoser er derfor nødvendig ved bruk av ABC-analyse for å plassere varene på de mest gunstige plassene.

Bacheloroppgaven viser et potensial for hvordan plukkoperasjonen på 1. plan hos TINE Meieriet Tunga kan effektiviseres. Etersom reduksjon i både ordrebehandlings-tid og belastning på operatør er et direkte resultat av en slik reduksjon i transportdistanse, blir plukkoperasjonen effektivisert ved at kapasiteten til meieriet økes, noe som igjen påvirker arbeidseffektiviteten. Før en av løsningene eventuelt implementeres må løsningene testes i praksis for å validere resultatene, og avdekke hvordan løsningen påvirker andre parametere.

Referanser

- [1] **TINE**, «*Om meieriene*,» TINE, [Internett]. Available: <https://www.tine.no/om-tine/meieriene>. [Funnet 2022 mai 2022].
- [2] **V. Juhasz**, *stabsleder og utviklingsansvarlig ved TINE Meieriet Tunga*.
- [3] **NTNU**, «*TLOG3009 - Prosjekt logistikk*,» [Internett]. Available: <https://www.ntnu.no/studier/emner/TLOG3009#tab=omEmnet>. [Funnet 1 februar 2022].
- [4] **TINE**, «*Om TINE*,» [Internett]. Available: <https://www.tine.no/om-tine>. [Funnet 28 oktober 2021].
- [5] **TINE**, «*Årsrapport 2021*,» 15 februar 2022. [Internett]. Available: <https://www.tine.no/om-tine/TINE-aarsrapport-2021-digital.pdf>. [Funnet 20 februar 2022].
- [6] **TINE**, «*TINE Meieriet Tunga*,» [Internett]. Available: <https://www.tine.no/om-tine/meieriene/flytende-produkter/tine-meieriet-tunga>. [Funnet 21 oktober 2021].
- [7] **A. Rolstadsås, A. Johansen, N. Olsson og J. A. Langlo**, *Praktisk prosjektledelse*, Trondheim: Fagbokforlaget, 2020.
- [8] **ORACLE**, «*ORACLE*,» [Internett]. Available: [https://www.oracle.com/ie/scm/what-is-warehouse-management/#:~:text=A%20warehouse%20management%20system%20\(WMS\)%20is%20a%20soft%20ware%20solution%20that,center%20to%20the%20store%20shelf.](https://www.oracle.com/ie/scm/what-is-warehouse-management/#:~:text=A%20warehouse%20management%20system%20(WMS)%20is%20a%20soft%20ware%20solution%20that,center%20to%20the%20store%20shelf.)
- [9] **S. Grønmo**, «*Kvalitativ metode*,» 3 november 2020. [Internett]. Available: https://snl.no/kvalitativ_metode. [Funnet 2 november 2021].
- [10] **M. Cheng**, «*Investopedia*,» 25 mai 2020. [Internett]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/1/80-20-rule.asp>. [Funnet 2 november 2021].
- [11] **K. Ackerman**, «*Practicing Pareto Practically In the Warehouse*,» 25 oktober 2015. [Internett]. Available: <https://exclusive.multibriefs.com/content/practicing-pareto-practically-in-the-warehouse/distribution-warehousing>. [Funnet 2 november 2021].
- [12] **J. Nicholas**, *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methods and Management Practices*, Boca Raton: Taylor & Francis, 2018.
- [13] **A. Jenkins**, «*ABC Analysis in Inventory Management: Benefits & Best Practices*,» 28 oktober 2020. [Internett]. Available: <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/abc-inventory-analysis.shtml>. [Funnet 2 november 2021].
- [14] **J. A. Tompkins, J. A. White, Y. A. Bozer og J. M. A. Tanchoco**, *Facilities Planning*, John Wiley & Sons, 2010.
- [15] **A. Ashrafian**, *Forelesning TLOG2011: Plukkoperasjon*, Trondheim, 2021.
- [16] **G. Richardson**, «*What Is Warehouse Slotting, and How to Do it Better*,» 17 juni 2019. [Internett]. Available: <https://www.infopluscommerce.com/blog/efficient-warehouse-slotting>. [Funnet 5 november 2021].
- [17] **Center for Management & Organization Effectiveness**, «*CMOE*,» [Internett]. Available: <https://cmoe.com/glossary/total-employee-involvement/>.

- [18] **Center for Management & Organization Effectiveness**, «*Total Employee Involvement*,» [Internett]. Available: <https://cmoe.com/glossary/total-employee-involvement/>.
- [19] **S. B. Gåsvik**, *Driftsjef hos TINE Lagerdrift Tunga*, 2021.
- [20] **kanbanize**, «*5 Whys: The Ultimate Root Cause Analysis Tool*,» [Internett]. Available: <https://kanbanize.com/lean-management/improvement/5-whys-analysis-tool>. [Funnet Mai 2022].
- [21] **T. Ohno**, «*"Ask 'why' five times about every matter."*,» Mars 2006. [Internett]. Available: <https://www.toyota-myanmar.com/about-toyota/toyota-traditions/quality/ask-why-five-times-about-every-matter>.
- [22] **S. Grønmo**, «*Kvalitativ metode*,» Store Norske Leksikon, 03 november 2020. [Internett]. Available: https://snl.no/kvalitativ_metode. [Funnet 05 mai 2022].
- [23] **FlexSim**, «*FlexSim*,» [Internett]. Available: <https://www.flexsim.com/warehousing-simulation/>.
- [24] **FlexSim**, «*FlexSim*,» FlexSim, [Internett]. Available: <https://www.flexsim.com/flexsim/#3d-simulation>. [Funnet 05 April 2022].
- [25] **FlexSim**, «*Key Concepts About Getting Data*,» FlexSim, [Internett]. Available: <https://docs.flexsim.com/en/20.2/GettingData/KeyConceptsData/KeyConceptsData.html>. [Funnet 17 April 2022].
- [26] **FlexSim**, «*Overview of Advanced Data Gathering*,» FlexSim, [Internett]. Available: <https://docs.flexsim.com/en/20.2/GettingData/AdvancedDataGathering/OverviewAdvancedData/OverviewAdvancedData.html>. [Funnet 17 april 2022].
- [27] **FlexSim**, «*Task 1.3 - Build A Process Flow Model*,» FlexSim, [Internett]. Available: <https://docs.flexsim.com/en/20.0/Tutorials/FlexSimBasics/1-3BuildProcessFlow/1-3BuildProcessFlow.html>. [Funnet 18 April 2022].
- [28] **GeeksforGeeks**, «*A* Search Algorithm*,» GeeksforGeeks, 13 April 2022. [Internett]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/a-search-algorithm/>. [Funnet 2022 April 17].
- [29] **FlexSim**, «*A* Navigation*,» FlexSim, [Internett]. Available: <https://docs.flexsim.com/en/22.1/Reference/Tools/AStar/AStar.html>. [Funnet 17 April 2022].
- [30] **H. Sunol**, «*Cyzerg*,» 23 Juli 2020. [Internett]. Available: <https://articles.cyzerg.com/picking-process-optimization-warehouse-operations>.

