

Linköpings universitet | ITN

Kandidatuppsats | Samhällets Logistik

Vårtermin 2025 | LiU-ITN-TEK-G--25/095--SE

Analys av lastningsförberedelsens betydelse för effektiv terminalhantering

Meris Bajric

Handledare: Viktor Sköld Gustafsson

Examinator: Krisjanis Steins

Upphovsrätt

Detta dokument hålls tillgängligt på Internet – eller dess framtida ersättare – under 25 år från publiceringsdatum under förutsättning att inga extraordinära omständigheter uppstår. Tillgång till dokumentet innebär tillstånd för var och en att läsa, ladda ner, skriva ut enstaka kopior för enskilt bruk och att använda det oförändrat för ickekommersiell forskning och för undervisning.

Överföring av upphovsrätten vid en senare tidpunkt kan inte upphäva detta tillstånd. All annan användning av dokumentet kräver upphovsmannens medgivande. För att garantera äktheten, säkerheten och tillgängligheten finns lösningar av teknisk och administrativ art.

Upphovsmannens ideella rätt innefattar rätt att bli nämnd som upphovsman i den omfattning som god sed kräver vid användning av dokumentet på ovan beskrivna sätt samt skydd mot att dokumentet ändras eller presenteras i sådan form eller i sådant sammanhang som är kränkande för upphovsmannens litterära eller konstnärliga anseende eller egenart. För ytterligare information om Linköping University Electronic Press se förlagets hemsida <https://ep.liu.se/>.

Copyright

The publishers will keep this document online on the Internet – or its possible replacement – for a period of 25 years starting from the date of publication barring exceptional circumstances. The online availability of the document implies permanent permission for anyone to read, to download, or to print out single copies for his/hers own use and to use it unchanged for noncommercial research and educational purpose. Subsequent transfers of copyright cannot revoke this permission. All other uses of the document are conditional upon the consent of the copyright owner. The publisher has taken technical and administrative measures to assure authenticity, security and accessibility. According to intellectual property law the author has the right to be mentioned when his/her work is accessed as described above and to be protected against infringement. For additional information about the Linköping University Electronic Press and its procedures for publication and for assurance of document integrity, please refer to its www home page: <https://ep.liu.se/>.

© 2025 Meris Bajric

This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Sammanfattning

Logistikbranschen ställer allt högre krav på korta genomloppstider och effektiva flöden för att möta kunders behov. Terminalverksamheter utgör en central del i dessa flöden, där en effektiv godshantering är avgörande för att säkerställa ett välfungerande distributionssystem. Denna studie har genomförts i samarbete med AGNA Logistik för att analysera hur lastningsförberedelser påverkar effektiviteten i ett utgående flöde vid en extern terminal.

Vid kontakt med terminalen framkom att lastningsprocessen ofta upplevdes ineffektiv, eftersom distributionslastbilar ofta krävde längre tid än nödvändigt för att lastas. Ett identifierat problem var att godset på uppställningsytan inte var försorterat, vilket innebar att lastbilschaufförerna själva behövde organisera godset. Denna manuella sortering förlängde lastningstiden och påverkade terminalens utgående flöde negativt.

AGNA Logistik hade tidigare utvecklat en metod för att effektivisera lastningsprocessen genom att placera godset i en förutbestämd ordning baserat på lastbilens lossningsordning. Metoden stöds av ett IT-baserat system som genererar placeringsförslag för varje godsenshet, vilket eliminerar behovet av manuell sortering och skapar en mer standardiserad arbetsprocess. Syftet med denna studie var att utvärdera metodens tillämpbarhet vid den externa terminalen samt bedöma dess potential att minska den totala genomloppstiden i lastningsprocessen.

För att analysera lastningsförberedelsens påverkan på terminalens effektivitet utvecklades en simuleringsmodell som möjliggjorde jämförelse mellan tre olika scenarier. Det första scenariot representerade nuläget på terminalen och fungerade som utgångspunkt för jämförelse. Det andra scenariot undersökte effekten av en manuell lastningsförberedelse, där en terminalarbetare försorterar godset på uppställningsytan baserat på distributionslastbilens lossningsordning innan lastningen påbörjas. Det tredje scenariot analyserade den potentiella effekten av ett IT-baserat system som automatiskt sorterar och placerar godset enligt lossningsordningen. Genom simuleringsmodellen kunde skillnader i total genomloppstid analyseras, vilket gav underlag för att bedöma lastningsförberedelsens effekt på olika nivåer vid terminalen.

Resultaten från simuleringsmodellen visar att den genomsnittliga genomloppstiden per lastning kan förbättras med 10,1% vid införandet av en manuell lastningsförberedelse. Vid ett potentiellt införande av en automatiserad lastningsförberedelse kan genomloppstiden per lastning förbättras med 63,5%, vilket tydligt illustrerar den positiva effekten av ett standardiserat system för lastningsförberedelse vid den studerade terminalen.

Abstract

The logistics industry is increasingly demanding shorter throughput times and more efficient flows to meet customer requirements. Terminal operations represent a central part of these flows, where efficient cargo handling is essential to ensure a well-functioning distribution system. This study has been conducted in collaboration with AGNA Logistik to analyze how loading preparations affect the efficiency of an outbound flow at an external terminal.

During contact with the terminal, it was found that the loading process was often perceived as inefficient, as distribution trucks frequently required more time than necessary to be loaded. An identified issue was that the goods in the staging area were not pre-sorted, which resulted in truck drivers having to organize the goods themselves. This manual sorting extended the loading time and negatively affected the terminal's outbound flow.

AGNA Logistik had previously developed a method aimed at increasing the efficiency of the loading process by arranging the goods in a predetermined order based on the truck's unloading sequence. The method is supported by an IT-based system that generates placement recommendations for each cargo unit, which eliminates the need for manual sorting and promotes a more standardized workflow. The purpose of this study was to evaluate the applicability of the method at the external terminal and assess its potential to reduce the total throughput time within the loading process.

To analyze the impact of the loading preparations on the terminal's efficiency, a simulation model was developed to facilitate a comparison of three different scenarios. The first scenario represented the current operational state of the terminal and served as the baseline for comparison. The second scenario investigated the effect of manual loading preparations, in which a terminal worker pre-sorts the goods in the staging area based on the distribution truck's unloading sequence before loading begins. The third scenario assessed the potential impact of an IT-based system that automatically sorts and positions the goods accordance with the unloading sequence. The simulation model facilitated the analysis of variations of total throughput time, which provided a foundation for evaluating the effect of loading preparations at different levels within the terminal.

The results from the simulation model indicate that the average throughput time per loading can be improved by 10,1% through the implementation of manual loading preparations. With a potential implementation of an automated loading preparation, the throughput time per loading could be improved by 63,5%, illustrating the positive effect of a standardized system for loading preparations at the studied terminal.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.1	Problembeskrivning	1
1.3	Syfte	2
1.4	Frågeställningar	2
1.5	Avgränsningar	2
1.6	Disposition	3
2.	Metod	4
2.1	Kvantitativ och kvalitativ metod	4
2.2	Datainsamlingsmetoder	4
2.2.1	Litteraturstudie	4
2.2.2	Observation	5
2.2.3	Företagsdata	5
2.3	Simuleringsmetodik	7
2.3.1	Fas 1 – Problemformulering och konceptuell modell	8
2.3.2	Fas 2 - Modellutveckling, verifiering och validering	9
2.3.3	Fas 3 - Genomförande av simuleringsexperiment	11
2.3.4	Fas 4 - Utvärdering av lösningar	12
2.3.5	Fas 5 - Dokumentation	12
2.4	Tillvägagångsätt	13
2.4.1	Litteratursökning	13
2.4.2	Observation och empirisk datainsamling	14
2.4.3	Simulering	16
3.	Teoretisk referensram	19
3.1	Logistik	19
3.2	IT-system inom logistik	20
3.3	Terminalverksamhet	21
3.4	Genomloppstid	21
4.	Systembeskrivning	22

4.1	Terminalens funktion och uppbyggnad	22
4.2	Beskrivning över lastningsprocessen	24
5.	Konceptuell modell	26
5.1	Modellens mål	26
5.2	Experimentella faktorer	26
5.3	Utdata	26
5.3	Modellens komponenter	26
5.4	Antaganden och Begränsningar	28
5.5	Strukturell uppbyggnad av modellen	28
6.	Indataanalys	29
6.1	Datainsamling	29
6.2	Databearbetning	30
6.3	Resultat av indataanalysen	31
7.	Modellkonstruktion	33
7.1	Simuleringsmodellens konstruktion	33
7.2	Scenarioanpassningar	34
8.	Simuleringsexperiment	35
8.1	Scenario 1 – Nuvarande arbetssätt	35
8.2	Scenario 2 – Manuell lastningsförberedelse	35
8.3	Scenario 3 – Automatiserad lastningsförberedelse	35
9.	Validering och verifiering	37
9.1	Konceptuell modell	37
9.2	Simuleringsmodell	37
10.	Resultat och analys	39
10.1	Beräkning av antal replikationer	39
10.2	Sammanställning av resultat	39
10.3	Statistisk analys	42
11.	Diskussion	43
11.1	Diskussion kring resultat	43
11.2	Begränsningar och framtida studier	44
11.3	Samhälleliga och etiska aspekter	45

12. Slutsats	46
12.1 Vad är den nuvarande genomloppstiden för sortering och lastning av en transport?	46
12.2 Hur mycket kan den totala genomloppstiden för godset minska om en lastningsförberedelse införs?	46
12.3 Finns det statistiskt signifikant skillnad mellan nuvarande lastningsprocess och processen med lastningsförberedelsen?	46
Referenslista	47

Figurförteckning

Figur 1: Simuleringsmetodologi, inspirerad av Rossetti (2015).....	7
Figur 2: Översikt över fas 1 av en generell simuleringsmetodologi.....	8
Figur 3: Översikt över fas 2 av en generell simuleringsmetodologi.....	9
Figur 4: Översikt över studiens tillvägagångsätt	13
Figur 5: Översikt över terminalens nedre våningsplan	22
Figur 6: Översikt över terminalens processflöde	23
Figur 7: Översikt över terminalens lastningsprocess	24
Figur 8: Sorterat gods på uppställningsyta efter genomförd sorteringsprocess	25
Figur 9: Illustration av det flöde som studeras.....	28
Figur 10: Sammanställning av diagram från Input Analyzer som visar de identifierade fördelningarna.....	32
Figur 11: Simuleringsmodell i ARENA som representerar terminalens nuvarande process för utgående gods.....	33
Figur 12: Simuleringsmodell i ARENA som representerar scenario 3.....	34
Figur 13: Grafisk representation av genomloppstider för analyserade scenarier	40
Figur 14: Grafisk representation av skillnaden mellan total genomloppstid	41
Figur 15: Statistisk analys av skillnaden mellan nuvarande arbetssätt och Scenario 2	42
Figur 16: Statistisk analys av skillnaden mellan nuvarande arbetssätt och Scenario 3	42

Tabellförteckning

Tabell 1: Sammanställning över sorteringstider	14
Tabell 2: Sammanställning över lastningstider.....	15
Tabell 3: Översikt över modellens komponenter.....	27
Tabell 4: Modifierade komponenter i det alternativa scenario 2	27
Tabell 5: Modifierade komponenter i det alternativa scenario 3	28
Tabell 6: Sammanställning över verksamhetsdata.....	29
Tabell 7: Sammanställning över antal chassin.....	31
Tabell 8: Sammanställning av identifierade fördelningar med tillhörande resultat från fördelningstester.....	32
Tabell 9: Jämförelse mellan nuvarande och dubblerat lastningsmoment	38
Tabell 10: Genomloppstider för analyserade scenarier	39
Tabell 11: Jämförelse av total genomloppstid	40

1. Inledning

I detta kapitel introduceras studien genom en redogörelse för bakgrund och problembeskrivning, följt av syfte och frågeställningar. Vidare presenteras även studiens avgränsningar.

1.1 Bakgrund

AGNA Logistik (U. Å) är ett företag beläget i Norrköping som erbjuder flera olika logistiklösningar för att möta kunders varierande behov inom lagerhållning, plock, returhantering och distribution. Verksamheten hjälper sina kunder med praktiska och administrativa processer för att skapa en smidig och effektiv logistik. Företagets vision är att vara en ledande aktör inom logistiklösningar genom att erbjuda flexibla, pålitliga och kundanpassande tjänster.

I ett samarbete med en av sina kunder har AGNA Logistik utvecklat en ny metod för hur gods placeras på terminalen innan distributionslastbilar anländer. Godset placeras i en förutbestämd ordning där placeringen sker utifrån lastbilens lossningsordning. Metoden stöds av ett IT-baserat system som analyserar turordningen och genererar placeringsförslag för varje godsenheter. Strukturen möjliggör en effektiv lastningsprocess, vilket minimerar behovet för chauffören att manuellt sortera och lokalisera godset. Metoden minskar inte bara den manuella hanteringen utan skapar även en mer standardiserad arbetsprocess. Genom att följa ett system för sortering och lastning minskar risken för fel och variation i arbetssätt. Metoden har hittills undersökts och implementerats för en viss typ av gods vid en specifik terminal. Nu finns intresse av att vidare studera hur denna arbetsmetod skulle fungera vid andra terminaler och för olika godstyper för att bedöma dess tillämpbarhet och effekt.

1.1 Problembeskrivning

Vid kontakt med en annan terminal framkom ett behov av att granska deras process för lastning av utgående gods. Enligt terminalens kontaktperson har lastningsprocessen identifierats som problematisk eftersom sortering och lastning av gods ofta tar längre tid än nödvändigt. Det resulterar i låg effektivitet i kombination med hög utnyttjandegrad av lastkajen, vilket påverkar flödet negativt i terminalens verksamhet. Ett problem i terminalens utgående flöde är att godset vid varje port inte sorteras enligt distributionslastbilens lossningsordning. Enligt det nuvarande arbetssättet ansvarar lastbilschauffören för att identifiera och organisera godset i rätt ordning innan lastningen. Eftersom godset inte är sorterat måste chauffören manuellt gå igenom godset för att hitta de kollin som ska lastas först. Detta förlänger lastningstiden då chauffören behöver flytta runt på kollin för att komma åt rätt gods. Denna process skapar tidsförluster, vilket blir särskilt problematiskt vid täta avgångar från samma port.

För att skapa en förståelse för de bakomliggande orsakerna till dessa problem analyseras terminalens nuvarande lastningsprocess. Denna analys utgör sedan grunden för att utvärdera hur

en ny metod för förberedelse av lastning påverkar lastningsprocessen. Terminalen blir särskilt intressant att studera eftersom den hanterar en annan typ av gods och har en terminalstruktur som skiljer sig från tidigare processer där metoden tillämpats. Genom att studera hur metoden fungerar under andra förutsättningar kan en djupare förståelse för dess påverkan på lastningens tidsåtgång och flöde uppnås.

1.3 Syfte

Syftet med studien är att undersöka hur en omstrukturering av gods påverkar lastningsprocessens genomloppstid. Fokus ligger på att redogöra hur mycket tid som kan sparas genom att organisera godset i rätt ordning innan lastningen påbörjas. Studien syftar även till att belysa vilka konsekvenser en förändrad struktur kan innebära för flödet.

1.4 Frågeställningar

För att besvara studiens syfte har följande tre frågeställningar tagits fram:

- Vad är den nuvarande genomloppstiden för sortering och lastning av en transport?
- Hur mycket kan den totala genomloppstiden för godset minska om en lastningsförberedelse införs?
- Finns det statistiskt signifikant skillnad mellan nuvarande lastningsprocess och processen med lastningsförberedelsen?

1.5 Avgränsningar

Studien avgränsas till att enbart omfatta lastningsprocessen på terminalen. Det innebär att den analyserade tiden sträcker sig från när terminalporten öppnas tills dess att godset är lastat i distributionslastbilen. Aktiviteter som utförs efter avslutad lastning, såsom lastkontroll och dokumentation ingår inte i studiens omfattning. Dessa moment exkluderas eftersom de inte har någon påverkan på lastningsprocessens tidsåtgång. Studien fokuserar istället på sorterings- och lastningsmomentet och omfattar tre specifika distributionslastbilar som ankommer till tre olika lastningskajer. Tiderna för sorterings- och lastningsmomentet har mätts utifrån dessa valda fordon. Resultaten och slutsatserna baseras på momenten kopplade till dessa tre distributionslastbilar, men kan i viss utsträckning anses representativa för andra distributionslastbilar på terminalen.

En annan avgränsning är att studien utgår från en utvald terminal, vilket innebär att slutsatser och resultat är anpassade till verksamhetsmiljön som studeras. Eftersom terminalers layout, processer och arbetsrutiner kan variera kan studiens resultat ha begränsad tillämpbarhet i andra miljöer.

1.6 Disposition

För att skapa en tydlig och logisk struktur är rapporten uppdelad i tolv kapitel. Det första kapitlet utgörs av en inledning där studiens bakgrund, syfte och avgränsningar presenteras för att ge läsaren förståelse över studiens ämnesområde. I det andra kapitlet redogörs de metoder som använts för att genomföra studien. Kapitel tre behandlar den teoretiska referensramen som ligger till grund för att kunna analysera studien. I det fjärde kapitlet beskrivs den studerande verksamheten, och kapitel fem ger en genomgång av den konceptuella modellen. Kapitel sex behandlar indataanalysen och redogör hur insamlad data har bearbetats för att kunna implementeras i simuleringsmodellen. Kapitel sju fokuserar på konstruktionen av simuleringsmodellen medan kapitel åtta beskriver de scenarier som studeras. Kapitel nio behandlar validering och verifiering av både den konceptuella modellen och simuleringsmodellen. Kapitel tio redogör för studiens resultat och analys. Kapitel elva presenterar en efterföljande diskussion, medan kapitel tolv behandlar slutsatser som dragits utifrån studiens frågeställningar.

2. Metod

I detta kapitel presenteras metoderna som tillämpats i den genomförda studien.

2.1 Kvantitativ och kvalitativ metod

Starrin och Svensson (1994) redogör att vetenskaplig kunskap bygger främst på två huvudsakliga metodansatser. Den kvantitativa metodansatsen kännetecknas av experiment och statistisk analys för att undersöka samband. Den kvalitativa metodansatsen fokuserar däremot på att förstå mänskliga upplevelser. De betonar att valet av metod bör göras beroende på studien och att metoderna kan kombineras för att ge en mer fördjupad förståelse. Enligt Olsson och Sörensen (2011) är det lämpligt att använda kvantitativa metoder när studien baseras på numeriska data. Författarna understryker att en grundläggande princip inom denna metodansats är att studien ska kunna upprepas och identiska resultat ska erhållas. Både kvantitativa och kvalitativa forskningsansatser bygger på datainsamlingsmetoder, vilket utgör grunden för att genomföra en studie av det aktuella forskningsområdet.

2.2 Datainsamlingsmetoder

Inom forskning finns det flera olika tekniker för datainsamling. I denna studie har specifika datainsamlingsmetoder valts för att möjliggöra insamling av relevant information. Hartman (2001) redogör att en viktig del i en studie är att välja ut lämpliga datainsamlingsmetoder. Detta beror på det insamlade datamaterialet utgör grunden för studiens analys. Författaren framhåller att valet av datainsamlingsmetod beror helt på forskningsområdet. Dahmström (2011) menar att en viktig del i metodvalet är att särskilja mellan primär- och sekundärdata. Enligt Dahmström kan en studie baseras på primärdata, sekundärdata eller en kombination av dessa. Primärdata avser information som forskaren själv samlar in direkt, medan sekundärdata baseras på material som tidigare samlats in av någon annan aktör. Dahmström påpekar att primär- och sekundärdata ofta kombineras vid genomförandet av studier för att uppnå en mer heltäckande förståelse av det studerade ämnet. Nedan redogörs de datainsamlingsmetoder som tillämpats i studien.

2.2.1 Litteraturstudie

Ejvegård (2009) lyfter fram litteraturstudier, även kallat litteratursökning som en vanlig metodik för att skapa en teoretisk grund för studien. Författaren framhåller att litteratursökning innebär att söka, granska och analysera relevant litteratur, vilket kan bestå av böcker, forskningsartiklar eller annan information. Enligt Patel och Davidson (2019) är tillvägagångssättet för litteraturstudier detsamma oavsett om tryckta eller digitala källor inkluderas. Arbetet inleds med en förberedelse där det tydliggörs till vilket ämnesområde studien kan kopplas. Därefter utformas en introduktion i ämnesområdet för att skapa en grundläggande bakgrund och underlätta den fortsatta

litteratursökningen. Efter introduktionen väljs lämpliga sökverktyg och litteratursökningen utförs vanligtvis med nyckelord som är kopplade till studiens fokus. Författarna betonar att litteratursökning bör avslutas med en utvärdering av den insamlade litteraturen.

Ejvegård (2009) påpekar att det är orimligt att läsa all litteratur som erhålls genom sökningar. För att effektivisera urvalsprocessen rekommenderas att utnyttja bokens hjälpmedel, såsom sammanfattningar, abstrakt och innehållsförteckningar. En granskning av dessa underlag möjliggör en effektivare bedömning av materialets relevans. Ejvegård understryker att den litteratur som bedöms relevant bör sparas för fortsatt bearbetning. Materialet bör bearbetas för att identifiera mönster, begrepp eller annan information som är relevant för studiens forskningsområde.

2.2.2 Observation

Holme och Solvang (1997) beskriver observation som en datainsamlingsmetod som ofta används vid studier av verkliga system. Metoden innebär att forskaren under en bestämd tidsperiod studerar och dokumenterar relevanta händelser. Det finns flera olika typer av observationer och valet bör anpassas efter studiens syfte. Författaren menar att observationer i vissa fall kan omfatta känsliga sammanhang, vilket kan medföra att de personer som studeras inte vill bli offentliga.

Patel och Davidson (2019) redogör för två övergripande observationsmetoder: strukturerad och ostrukturerad observation. Strukturerade observationer innebär att forskaren i förväg definierar specifika beteenden som undersöks. Ett observationsschema används ofta för att registrera frekvensen av ett visst beteende. Denna observationsmetod förutsätter en högre grad av förberedelse och baseras på antagandet att vissa specifika beteenden kommer att förekomma under utförandet av observationen. Ostrukturerad observation används för att samla in så mycket information som möjligt utan att vara bunden till ett förutbestämt observationsschema. Registrering av data sker vanligtvis genom anteckningar av nyckelord eller beskrivningar över händelser. Enligt Patel och Davidson finns också två olika typer av förhållningsätt för observationer: deltagande och icke deltagande. En deltagande observatör är aktivt med och påverkar den grupp eller sammanhang som studeras. En icke deltagande observatör förblir anonym och ingriper inte i det observerade sammanhanget.

2.2.3 Företagsdata

Shanks och Darke (1997) beskriver att företagsdata handlar om den information som organisationer använder för att stödja verksamhetens beslut. Författarna framhåller att lagring av företagsdata syftar till att underlätta planering. Ett problem som ofta lyfts är att organisationer saknar översikt över var deras data sparas, vilket kan leda till duplicering. Det innebär att information finns på flera platser och ibland i olika format. Shanks och Darke menar att denna brist på kontroll kan i sin tur påverka kvaliteten på beslutsunderlaget negativt. Enligt Xu et al. (2024) har data inom organisationer flera funktioner utöver stöd för planering och

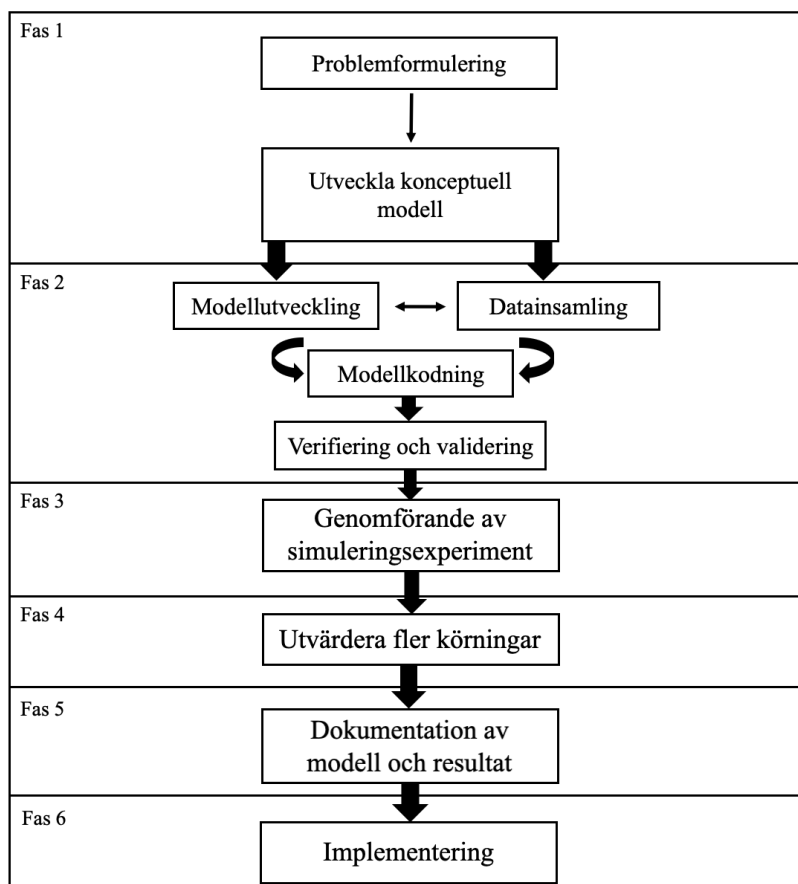
verksamhetsbeslut. Den kan bland annat generera intäkter genom att säljas till andra företag. Den kan också användas för att analysera befintliga processer samt utveckla de. Författarna understryker att ett företagsdata kan vara värdefullt om den används korrekt.

Kelly et al. (2024) kategoriserar företagsdata som sekundärdata och framhåller att den medför vissa utmaningar. Eftersom forskaren inte kan ha påverkat datainsamlingen är det viktigt att först bedöma om informationen är relevant och kan bidra till att besvara studiens forskningsfrågor. Därefter menar författaren att man bör validera data genom att granska dess kvalité för att säkerställa dess tillförlitligt i studien.

2.3 Simuleringsmetodik

Kelton et al. (2015) skriver att simulering är en kraftfull metod som används för att efterlikna verkliga system. Författarna menar att en av fördelarna med simulering är att den ger möjlighet att studera systemet utan att påverka verkligheten. De framhåller dessutom att ett effektivt sätt att genomföra simuleringar är med hjälp av datorer. Datorsimuleringar möjliggör användning av specialiserad mjukvara för att studera komplexa system.

Utveckling av en simuleringsmodell sker vanligtvis genom ett antal strukturerade steg. I denna studie har Rossetti (2015) metodologi fungerat som utgångspunkt för att stegvis utveckla en simuleringsmodell. Faserna i simuleringsprocessen presenteras av författaren och illustreras i Figur 1. Fas 6 i Rossetti's simuleringsmetodologi omfattar implementering av den valda lösningen i det verkliga systemet. Denna fas exkluderas eftersom studien inte syftar till att implementera det alternativa förslaget.



Figur 1: Simuleringsmetodologi, inspirerad av Rossetti (2015)

2.3.1 Fas 1 – Problemformulering och konceptuell modell

Rossetti (2015) beskriver att den första fasen i en generell simuleringsmetodologi består av fem huvudsakliga aktiviteter. En sammanställning av dessa aktiviteter återfinns i Figur 2.



Figur 2: Översikt över fas 1 av en generell simuleringsmetodologi

Rossetti (2015) framhåller att de tre första aktiviteterna utgör grunden för utveckling av en konceptuell modell. Aktiviteterna leder till en strukturerad beskrivning över systemets struktur, vilket används som underlag för att utveckla en konceptuell modell. Det framtagna underlaget innefattar en beskrivning av studiens syfte, dess avgränsningar samt de specifika scenarier som ska analyseras. Den tydliggör även vilken typ av data som är nödvändig samt hur studien planeras att genomföras. Författaren betonar att utveckling av den konceptuella modellen påbörjas när tillräckligt med data samlats in. Enligt Robinson (2008) bygger en konceptuell modell på fem centrala aktiviteter, vilka genomförs i följande ordning:

- Förstå problemet: Att skapa en tydlig förståelse för det system som studeras och hur det bör representeras i modellen.
- Fastställa det övergripande syftet: Att definiera vilken funktion modellen ska fylla samt vad den ska användas till.
- Identifiera modellens utdata: Att bestämma vilka nyckeltal modellen ska generera och vilka aspekter av systemet som ska analyseras.
- Identifiera modellens indata: Att bestämma vilken data som krävs för att modellen ska kunna representera systemet.
- Avgränsning: Att tydliggöra modellens omfattning genom att definiera vilka delar av systemet som ska inkluderas och exkluderas.

Enligt Birta och Arbez (2013) fungerar en konceptuell modell som en länk mellan problembeskrivningen och implementeringen av simuleringsmodellen. Författarna framhåller att den konceptuella modellen fungerar som en förfiningsfas, vilket innebär att problembeskrivningen bearbetas till en mer detaljerad beskrivning över systemet. Syftet med den konceptuella modellen är att skapa en tydlig representation över systemet, som sedan ligger till grund för konstruktionen av simuleringsmodellen. Law och McComas (2001) framhåller att en konceptuell modell inte bör utformas som en exakt kopia av det verkliga systemet. De bör istället konstrueras som en förenklad representation av systemets struktur. För att utveckla en sådan modell identifierar författarna flera typer av nödvändig datainsamling, där detaljnivån anpassas främst efter systemets komplexitet. Författaren menar att de vanligaste typerna av data som behöver samlas in för att kunna utveckla en konceptuell modell inkluderar:

- Information kring systemets layout, flöden och processer: Avgörande för att förstå systemets struktur och processernas samverkan. Denna information möjliggör även en representation över de regler och rutiner som styr flödet.
- Information rörande tidsåtgång för processer: Avser den tid som ett moment i systemet kräver och är nödvändigt för att fastställa sannolikhetsfördelningar för modellparametrar.

Rossetti (2015) påpekar även vikten av att dokumentera antaganden och förenklingar som gjorts under utveckling av den konceptuella modellen. Detta är viktigt eftersom sådana faktorer påverkar hur väl modellen speglar det verkliga systemet.

2.3.2 Fas 2 - Modellutveckling, verifiering och validering

När en konceptuell modell tagits fram kan den andra fasen påbörjas. Enligt Rossetti (2015) omfattar denna fas flera specifika aktiviteter som syftar till att utveckla en simuleringsmodell som representerar det verkliga systemet. Figur 3 nedan illustrerar de centrala stegen i denna fas.



Figur 3: Översikt över fas 2 av en generell simuleringsmetodologi

Rossetti (2015) redogör att den första aktiviteten avser att klassificera och förbereda data för implementering i simuleringsmodellen. I detta steg analyseras tillgängliga data för att eventuellt identifiera brister, vilket kan innebära att ytterligare datainsamling krävs. Förberedelsen av data innefattar även att verifiera dess kvalitet samt organisera dess struktur för att säkerställa en korrekt implementation i simuleringsmodellen. Rossetti (2015) beskriver att när förberedelse av indata är klart är det dags att koda modellen. Detta innebär att den konceptuella modellen översätts till ett datorbaserat simuleringsprogram. Det är i detta skede som den konceptuella modellen omvandlas till en fungerande simuleringsmodell. Rossetti beskriver processororienterad modellering som en metod för modellkodning. Metoden fokuserar på att beskriva hur entiteter rör sig genom olika aktiviteter i systemet. Rossetti redogör att metoden bygger på ett antal centrala begrepp som definierar systemets uppbyggnad. Nedan presenteras några av de centrala begreppen som används vid en processororienterad modellering.

- System: En sammansättning av olika komponenter som samverkar för att uppnå ett gemensamt mål.
- Aktivitet: En process eller handling som kräver en viss tid för att genomföras.
- Parameter: En numerisk faktor som påverkar modellens beteende under simuleringens gång.
- Entitet: En komponent som rör sig genom systemet och genererar aktiviteter.
- Resurs: En kapacitet inom systemet som påverkar flödet av entiteter.

- Kö: En plats där entiteter uppehåller sig tillfälligt på grund av begränsningar eller i väntan på bearbetning.

Rossetti (2015) framhåller att modellkodning i första hand anpassas efter det system som ska modelleras. En grundläggande utgångspunkt är att förstå hur entiteterna rör sig genom systemet, vilket är centralt inom processororienterad modellering. En del av modellkodningen är att verifiera och validera modellen för att säkerställa att den är korrekt implementerad samt att den speglar det system som studeras. Kelton et.al (2015) påpekar att validering syftar till att utvärdera hur väl modellen representerar det faktiska systemet som simuleras. Verifiering innebär att säkerställa att modellen är konstruerad rätt. Enligt Casas (2023) är det avgörande att både data och den konceptuella modellen är validerade innan arbetet med modellkodningen påbörjas. Författaren menar att datavalidering uppnås genom att säkerställa att de datakällor som används är tillförlitliga och korrekt definierade. Dessutom är det viktigt att de som tillhandhåller data inte har några begränsningar som kan påverka datas kvalitet. Det innebär att data ska vara tillgänglig under hela modellens livslängd. Casas lyfter att den konceptuella modellvalideringen kan uppnås genom att säkerställa att systemets antaganden är relevanta utifrån studiens forskningsområde. Det är också viktigt att modellens förenklingsantaganden inte leder till att modellen blir en missvisande representation av systemet.

Sargent (2007) redogör för flera valideringstekniker som kan användas för att säkerställa att simuleringsmodellen på ett tillförlitligt sätt representerar det studerade systemet. Valideringsteknikerna används oftast som en kombination för att uppnå en mer pålitlig bedömning av simuleringsmodellens giltighet. Nedan sammanfattas några av de valideringstekniker som författaren lyfter fram.

- Animering: Modellen visualiseras grafiskt i realtid, vilket underlättar bedömningen av modellens beteende och överensstämmelse med verkligheten.
- Känslighetsanalys: Modellens parametrar justeras för att undersöka hur förändringar påverkar modellens beteende och resultat.
- Extrema förhållanden: Modellen utsätts för extrema och osannolika kombinationer av parametrar för att bedöma om dess resultat förblir rimligt.
- Spårning: Modellens händelser följs stegvis för att säkerställa dess funktion och att processer fungerar korrekt.
- Jämförelse med andra modeller: Modellen jämförs med andra validerade simuleringsmodeller för att säkerställa trovärdighet.
- Ytvalidering: Modellen granskas av personer med relevant erfarenhet för att bedöma om dess struktur fungerar som avsett.

Sargent (2007) presenterar även två centrala verifieringstekniker som kan användas för att kontrollera att implementeringen av modellen är korrekt. Den första metoden är statisk testning och innebär att koden granskas utan att köra den för att hitta fel i strukturen. Den andra metoden

är dynamisk granskning och innebär att man kör modellen under olika situationer för att bedöma om den beter sig som förväntat.

2.3.3 Fas 3 - Genomförande av simuleringsexperiment

Rossetti (2015) betonar att när simuleringsmodellen verifierats och validerats, inleds experimentfasen. I detta skede används simuleringsmodellen för att undersöka olika scenarier i relation till studiens syfte. Genom att stegvis förändra modellens parametrar kan alternativa scenarier representeras och simuleras. Enligt Law (2007) varierar experimenteringsfasen avsevärt beroende på studiens syfte. Författaren lyfter fram två centrala begrepp inom simuleringsexperiment: faktorer och responser. Faktorer avser den indata som medvetet ändras i en simuleringsmodell för att analysera systemets beteende. Dessa faktorer kan vara kvantitativa, såsom förändringar i antal resurser. De kan även vara kvalitativa genom implementering av styrprinciper. Law definierar responser som den utdata som genereras till följd av förändringar i modellens faktorer. Responser utgör prestandamått som används för att utvärdera systemets beteende. Författaren menar att resultatet bör presenteras i jämförbara prestandamått för att möjliggöra en objektiv utvärdering.

En annan viktig del i denna fas är att uppskatta antal replikationer som krävs för att uppnå statistiskt tillförlitliga resultat. Beräkningen utförs med hjälp av en formel som beskrivs av Kelton et.al (2023) och baseras på konfidensintervall. Metoden möjliggör en uppskattning av det antal replikationer som behövs för att säkerställa precision i resultatet samt reducera osäkerheten. Formeln utgår ifrån ett initialt antal replikationer som används för att uppskatta systemets variation. Uppskattningen ligger sedan till grund för att beräkna det totala antal replikationer som krävs. Konfidensintervallet används som ett statistiskt mått för att mäta osäkerheten och därmed bedöma precisionen i resultatet. Formeln redovisas i ekvation 1 med tillhörande beteckningar.

$$(1) n \cong n_0 \cdot \frac{h_0^2}{h^2}$$

Beteckningar:

n = Antal replikationer

n_0 = Första initiala antal replikationer som används för att uppskatta systemets variation

h_0 = Halva konfidensintervallet beräknat från första körningen med n_0

h = Önskat halvbredd på konfidensintervallet

2.3.4 Fas 4 - Utvärdering av lösningar

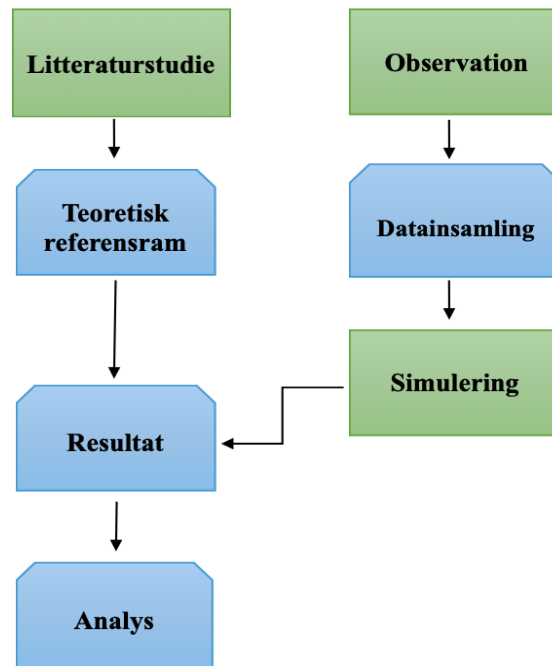
För att utvärdera resultaten från simuleringen kan olika statistiska metoder tillämpas beroende på analysens syfte. Enligt Kelton et al. (2015) är det parvisa t-testet en lämplig metod för att avgöra om skillnader mellan scenarier är statistiskt signifikanta. Metoden möjliggör en bedömning hurvida observerade skillnader mellan scenarier beror på faktiska effekter eller på slumpmässig variation. Kelton et al. framhåller att forskaren själv väljer det presentationsmått som ska jämföras mellan scenarierna. Författaren menar att syftet med ett parvis t-test är att jämföra två scenarier med varandra för att fastställa om skillnaden är statistiskt signifikant. Om konfidensintervallet för skillnaden inte inkluderar noll, indikerar detta att skillnaden är statistiskt signifikant, vilket innebär att det inte beror på slumpen.

2.3.5 Fas 5 - Dokumentation

Den avslutande fasen består främst av dokumentation. Rosetti (2015) menar att denna dokumentation bör utgöras av två manualer. En teknisk manual som riktar in sig till analytiker och innehåller detaljerad information kring modellen. Samt en användarmanual som riktar in sig till människor som inte är experter och förklarar hur modellen bör användas. Kelton et al. (2015) betonar att dokumentation är en kontinuerlig del under hela simuleringsprocessen. Eftersom modellen sannolikt kommer att användas av andra är det viktigt att den tydligt beskriver tillvägagångsätt, antaganden och övriga relevanta steg så att efterföljande användare kan följa processen korrekt.

2.4 Tillvägagångsätt

Detta avsnitt redogör för tillvägagångsättet för studien. Inledningsvis illustreras arbetsprocessen i Figur 4. Därefter redogörs varje aktivitet mer ingående med en beskrivning av dess syfte, innehåll och hur den genomförts inom ramen för studien.



Figur 4: Översikt över studiens tillvägagångsätt

2.4.1 Litteratursökning

För att skapa en teoretisk grund i studien inleddes arbetet med litteratursökning. Denna genomfördes huvudsakligen via Linköpings universitets databas Unisearch, kompletterat med vetenskaplig studentlitteratur. Litteratursökningen följde Patel och Davidsons (2019) struktur för litteratursökning. Arbetet inleddes med att skapa en introduktion inom ämnesområdet. Därefter valdes lämpliga sökverktyg och relevanta nyckelord för att identifiera relevanta källor. Sökningarna inriktades på litteratur som berörde logistik, terminalverksamheter, godshanteringsprocesser samt användning av simulering inom logistiska sammanhang.

Vid sökningar som genomfördes via databasen Unisearch prioriterades *peer reviewed* artiklar för att säkerställa vetenskaplig kvalitet. För att filtrera sökresultaten användes Unisearchs avancerade sökfunktion, där AND eller OR tillämpades för att precisera material. Sökningarna utfördes både på svenska och engelska. Relevanta källor identifierades efter en inledande granskning av titel och abstrakt. Ejvegård (2009) framhåller att ett effektivt tillvägagångsätt i urvalsprocessen av källor är att läsa den aktuella källans sammanfattning och innehållsförteckning för att bedöma dess användbarhet. Efter urvalsprocessen sparades de artiklar som bedömdes vara mest relevanta för studiens ämnesområde. Materialet granskades därefter för att identifiera information som var betydelsefull för studien. Arbetet avslutades när

tillräckligt underlag hade samlats in. Litteraturstudien syftade till att skapa en teoretisk grund som kunde stödja studiens fortsatta arbete.

2.4.2 Observation och empirisk datainsamling

Efter litteraturstudien följde en empirisk del som byggde på observation och datainsamling vid terminalen. Observationerna genomfördes på ett ostrukturerat sätt för att samla in så mycket information som möjligt. Patel och Davidson (2019) framhåller att ostrukturerade observationer används främst i syfte till att möjliggöra en bred och öppen insamling av data. Syftet med observationerna vid den studerande terminalen var att genomföra mätningar av sorterings- och lastningsprocessen för tre distributionslastbilar.

För att kartlägga det nuvarande arbetssättet för godshanteringen genomfördes observationer vid två separata morgontillfällen. Under varje tillfälle följdes tre distributionslastbilar genom hela lastningsprocessen. Sorteringsprocessen kunde inte mätas på enskilda enheter utan mätningarna genomfördes för hela godsmängden på uppställningsytan. Totalt genererades sex mätvärden för sorteringsprocessen för nuvarande arbetssätt. Mätvärdena representerade den totala tiden som krävdes för att sortera hela godsmängden på uppställningsytan för varje distributionslastbil. För att utvärdera möjligheten till förbättring analyserades därefter en förändrad godshanteringsprocess. I det förändrade arbetssättet förbereddes godset i förväg av en terminalarbetare, organiserat utifrån distributionslastbilens planerade lossningsordning. Observationerna av denna process genomfördes vid tre andra separata morgontillfällen. Sorteringstiderna mättes även här för hela godsmängden på uppställningsytan, vilket totalt genererade nio mätvärden. Det nuvarande arbetssättet innebär att lastbilschauffören ansvarar för hela sorterings- och lastningsprocessen. I det förändrade arbetssättet ansvarar en terminalarbetare för sorteringen av godset på uppställningsytan, medan lastbilschauffören endast ansvarar för själva lastningen. Syftet med det alternativa arbetssättet är att undersöka om den totala genomloppstiden kan reduceras om sorteringen utförs av terminalarbetaren. En sammanställning av resultaten från observationerna av sorteringstiderna presenteras i Tabell 1.

Tabell 1: Sammanställning över sorteringstider

Observationsdatum	Arbetssätt	Utlastning	Aktivitet	Tidsåtgång (min)
2025-06-09	Nuvarande	Eskilstunaslingan	Sortering	8,47
2025-06-09	Nuvarande	Linköpingslingan	Sortering	7,58
2025-06-09	Nuvarande	Nyköpingslingan	Sortering	8,38
2025-06-10	Nuvarande	Eskilstunaslingan	Sortering	8,55
2025-06-10	Nuvarande	Linköpingslingan	Sortering	7,38
2025-06-10	Nuvarande	Nyköpingslingan	Sortering	8,15
2025-06-11	Förändrat	Eskilstunaslingan	Sortering	7,55
2025-06-11	Förändrat	Linköpingslingan	Sortering	7,12
2025-06-11	Förändrat	Nyköpingslingan	Sortering	7,24
2025-06-12	Förändrat	Eskilstunaslingan	Sortering	8,07

2025-06-12	Förändrat	Linköpingslingan	Sortering	7,25
2025-06-12	Förändrat	Nyköpingslingan	Sortering	7,17
2025-06-13	Förändrat	Eskilstunaslingan	Sortering	7,46
2025-06-13	Förändrat	Linköpingslingan	Sortering	6,57
2025-06-13	Förändrat	Nyköpingslingan	Sortering	7,34

Utöver sorteringstiderna registrerades även lastningstider för varje distributionslastbil under respektive observationstillfälle. Mätningarna omfattade den tid som krävdes för att lasta in godset från uppställningsytan till distributionslastbilen. Lastningstiderna registrerades på enskild nivå där tre kollin per distributionslastbil mättes. Totalt genererades 18 mätvärden för det nuvarande arbetssättet och 27 för det alternativa arbetssättet. En sammanställning över lastningstiderna återfinns i Tabell 2.

Tabell 2: Sammanställning över lastningstider

Observationsdatum	Arbetssätt	Utlastning	Aktivitet	Tidsåtgång (sek)
2025-06-09	Nuvarande	Eskilstunaslingan	Lastning	34
2025-06-09	Nuvarande	Eskilstunaslingan	Lastning	27
2025-06-09	Nuvarande	Eskilstunaslingan	Lastning	22
2025-06-09	Nuvarande	Linköpingslingan	Lastning	33
2025-06-09	Nuvarande	Linköpingslingan	Lastning	29
2025-06-09	Nuvarande	Linköpingslingan	Lastning	32
2025-06-09	Nuvarande	Nyköpingslingan	Lastning	29
2025-06-09	Nuvarande	Nyköpingslingan	Lastning	23
2025-06-09	Nuvarande	Nyköpingslingan	Lastning	27
2025-06-10	Nuvarande	Eskilstunaslingan	Lastning	41
2025-06-10	Nuvarande	Eskilstunaslingan	Lastning	37
2025-06-10	Nuvarande	Eskilstunaslingan	Lastning	31
2025-06-10	Nuvarande	Linköpingslingan	Lastning	34
2025-06-10	Nuvarande	Linköpingslingan	Lastning	23
2025-06-10	Nuvarande	Linköpingslingan	Lastning	27
2025-06-10	Nuvarande	Nyköpingslingan	Lastning	38
2025-06-10	Nuvarande	Nyköpingslingan	Lastning	44
2025-06-10	Nuvarande	Nyköpingslingan	Lastning	34
2025-06-11	Förändrat	Eskilstunaslingan	Lastning	28
2025-06-11	Förändrat	Eskilstunaslingan	Lastning	24
2025-06-11	Förändrat	Eskilstunaslingan	Lastning	36
2025-06-11	Förändrat	Linköpingslingan	Lastning	25
2025-06-11	Förändrat	Linköpingslingan	Lastning	32
2025-06-11	Förändrat	Linköpingslingan	Lastning	34
2025-06-11	Förändrat	Nyköpingslingan	Lastning	28
2025-06-11	Förändrat	Nyköpingslingan	Lastning	27

2025-06-11	Förändrat	Nyköpingslingan	Lastning	31
2025-06-12	Förändrat	Eskilstunaslingan	Lastning	23
2025-06-12	Förändrat	Eskilstunaslingan	Lastning	28
2025-06-12	Förändrat	Eskilstunaslingan	Lastning	25
2025-06-12	Förändrat	Linköpingslingan	Lastning	37
2025-06-12	Förändrat	Linköpingslingan	Lastning	32
2025-06-12	Förändrat	Linköpingslingan	Lastning	34
2025-06-12	Förändrat	Nyköpingslingan	Lastning	24
2025-06-12	Förändrat	Nyköpingslingan	Lastning	28
2025-06-12	Förändrat	Nyköpingslingan	Lastning	29
2025-06-13	Förändrat	Eskilstunaslingan	Lastning	21
2025-06-13	Förändrat	Eskilstunaslingan	Lastning	26
2025-06-13	Förändrat	Eskilstunaslingan	Lastning	31
2025-06-13	Förändrat	Linköpingslingan	Lastning	26
2025-06-13	Förändrat	Linköpingslingan	Lastning	21
2025-06-13	Förändrat	Linköpingslingan	Lastning	29
2025-06-13	Förändrat	Nyköpingslingan	Lastning	33
2025-06-13	Förändrat	Nyköpingslingan	Lastning	24
2025-06-13	Förändrat	Nyköpingslingan	Lastning	27

Mätvärdena för sorterings- och lastningstiderna analyserades med hjälp av Input Analyzer. Kelton et al. (2015) menar att Input Analyzer används för att bestämma lämpliga statistiska fördelningar baserat på data och för att bedöma hur väl fördelningarna överensstämmer med den insamlade data. För att komplettera den primära datainsamlingen användes även historisk verksamhetsdata. Data erhöles från terminalens kontaktperson och omfattade de godsmängder som hanterats för respektive distributionslastbil under en aktuell period. Denna information låg till grund för simuleringen av realistiska ordervolymer. En mer detaljerad beskrivning av datainsamlingen återfinns i kapitel 6.1.

2.4.3 Simulering

Simuleringsarbetet inleddes med att definiera studiens fokusområde och som en del av denna fas upprättades en systembeskrivning. Arbetet genomfördes i nära dialog med företaget och med representanter från verksamheten där terminalen studerades. Syftet var att klargöra vilka delar av systemet som skulle inkluderas i modellen samt fastställa relevanta avgränsningar.

Simuleringsarbetet utgick från Rossettis (2015) simuleringsmetodlogi, vilken består av de fem faser som presenteras i tidigare kapitel, där systembeskrivning utgjorde en central del av den inledande fasen. En annan viktig del av denna fas var utveckling och dokumentation av den konceptuella modellen, vilken baserades på den upprättade systembeskrivningen, genomförda observationer och insamlad verksamhetsdata. Modellen utvecklades dessutom i nära samråd med berörda parter och samtliga relevanta aspekter dokumenterades löpande. Den konceptuella

modellen specificerade flödets komponenter, definierade indata såsom hanteringstider för respektive aktivitet och beskrev relationer samt modellens mål. Syftet var att säkerställa att modellen på ett korrekt sätt speglar terminalens verkliga utgående flöde.

Den andra fasen i Rossettis (2015) simuleringsmetodologi omfattade förberedelse av indata, modellkodning samt verifiering och validering av simuleringsmodellen. Innan arbetet med modellkodning inleddes validerades både den konceptuella modellen och den insamlade data. Valideringsprocessen genomfördes med stöd av Casas (2023) struktur. Fokus låg på att säkerställa att konceptuella modellens förenklingsantaganden inte ledde till en missvisande representation av terminalens utgående godsflöde. Processen genomfördes i samråd med terminalens kontaktperson. Data validerades genom att säkerställa dess tillgänglighet under hela modellens utveckling samt genom att jämföra den mot verkliga flödet som studerades. Därefter sorterades och bearbetades indata för att på ett tillförlitligt sätt kunna implementeras i simuleringsmodellen. Statistiska fördelningar togs fram med hjälp av mätvärden från de tider som registrerades under observationstillfällena. För att identifiera lämpliga statistiska fördelningar användes Input Analyzer. En mer detaljerad beskrivning av hur data bearbetades redovisas i kapitel 6.2.

Utvecklingen av simuleringsmodellen baserades på den konceptuella modellen och följde Rossettis (2015) processororienterade metod för modellkodning. Metoden innebär att modellens komponenter, såsom aktiviteter, resurser och köer kodas utifrån hur entiteter rör sig genom systemet. På så sätt säkerställs att alla centrala delar av det verkliga systemet beaktas. Genom denna process säkerställdes att alla relevanta komponenter och aspekter från den konceptuella modellen överfördes korrekt till simuleringsprogrammet ARENA. Validering och verifiering av den färdiga simuleringsmodellen genomfördes för att säkerställa modellens tillförlitlighet och korrekthet. Processen följde de validerings- och verifieringstekniker som beskrivs av Sargent (2007). Känslighetsanalys användes för att utvärdera hur förändringar i modellens parametrar påverkar modellens beteende och resultat. Vidare utsattes modellen även för extrema förhållanden för att analysera om dess beteende överensstämmer med förväntningarna. Dessutom användes spårningsteknik där modellens händelser följdes på entitetsnivå för att säkerställa att systemet fungerar korrekt. Resultatet från validerings- och verifieringsarbetet redovisas i ett separat kapitel 9.

Den tredje fasen i Rossettis (2015) simuleringsmetodologi utgjordes av experimenteringsfasen. När simuleringsmodellen hade utvecklats och korrekt implementerats i ARENA kunde arbetet övergå till denna fas. Syftet med scenarierna är att undersöka hur den totala genomloppstiden påverkas av när sorteringen genomförs i förhållande till lastningsmomentet. I samråd med företaget och terminalens kontaktperson definierades tre scenarier. Det första scenariot representerar nuläget på terminalen, där lastbilschauffören ansvarar för både sorterings- och lastningsprocessen. I det andra scenariot ansvarar en terminalarbetare för sorteringen, medan lastbilschauffören enbart ansvarar för själva lastningen av godset. Det tredje scenariot utesluter sorteringsprocessen och fokus ligger på lastningsprocessen. Scenarierna speglar varierande

nivåer av förberedelse och systemstöd i godshanteringsprocessen. Det tredje scenariot används specifikt för att analysera den potentiella tidsbesparingen vid implementering av ett IT-baserat system som skulle eliminera behovet av sorteringsprocessen. Resultatet av analysen kommer att presenteras för den studerande verksamheten. Därefter får de bedöma om den identifierade tidsbesparingen är tillräckligt stor för implementering av ett IT-baserat stöd för sorteringsprocessen. För samtliga scenarier användes samma modellstruktur, där endast indata för respektive aktivitet varierade. En mer utförlig beskrivning av de genomförda experimenten redogörs i kapitel 8. De avslutande faserna i Rossettis (2015) simuleringsmetodik innebär att genomföra kompletterande simuleringar för att undersöka modellens tillförlitlighet samt att dokumentera modellens uppbyggnad. I denna studie upprättas inga separata manualer utan rapporten utgör den fullständiga dokumentationen.

3. Teoretisk referensram

I detta kapitel presenteras de begrepp som används för att kunna förstå och analysera studien.

3.1 Logistik

Jonsson och Mattsson (2023) definierar logistik som ett system av samverkande komponenter. Syftet med logistik är att skapa plats- och tidsnytta, vilket innebär att produkter eller tjänster finns tillgängliga på rätt plats i rätt tid. Enligt författarna kan logistiken delas in i två centrala aspekter: den strukturella och den styrande. Den strukturella aspekten innefattar beslut rörande produktionsvolym, produktionslayout och faktorer som påverkar verksamhetens uppbyggnad. Den styrande aspekten avser däremot planering och implementering av aktiviteter för att säkerställa att logistiken når sitt uppsatta mål. Oskarsson et al. (2021) menar att logistik inte enbart handlar om att planera och genomföra, utan även om att säkerställa att resultatet överensstämmer med det förväntade. Detta är särskilt viktigt eftersom logistikverksamheter strävar efter att minimera logistikkostnader samtidigt som de upprätthåller en hög servicenivå gentemot kunderna. För att uppnå dessa mål krävs kontinuerlig uppföljning och identifiering av möjliga förbättringar.

Jonsson och Mattsson (2023) framhåller att verksamheter kontinuerligt arbetar med att förbättra sin effektivitet. De beskriver att effektiviteten kan mätas genom fem centrala presentationsmått som tillsammans påverkar verksamhetens förmåga att skapa värde för sina kunder. Nedan följer en kort beskrivning av varje presentationsmått:

- **Kundservice:** Avser förmågan att tillfredsställa kunders varierande behov genom att erbjuda produkter och tjänster med hög kvalitet och anpassning.
- **Kostnader:** Logistikverksamheter påverkas av flera kostnadsposter, såsom personalkostnader, materialkostnader och andra utgifter som är nödvändiga för att kunna bedriva verksamheten.
- **Kapitalbindning:** Avser de tillgångar som är bundna till verksamheten och påverkar kassaflödet. Inom logistiken utgörs detta oftast av tillgångar av maskiner, material och lager som tillsammans påverkar verksamhetens likviditet.
- **Flexibilitet:** Avser verksamhetens förmåga att anpassa sina resurser för att tillgodose kunders behov. Detta innefattar bland annat flexibilitet inom leverans, produkt samt ordervolymer.
- **Tid:** En central faktor inom logistikverksamheter, där ett tidseffektivt system är avgörande för att skapa ett värde både för kunder och för verksamheten. Detta innebär ofta korta leveranstider för att möta kunders förväntningar.

3.2 IT-system inom logistik

Fredholm (2013) framhåller att utveckling av informationsteknik har möjliggjort en mer effektiv logistikhantering för verksamheter. Genom implementering av IT-lösningar skapas förutsättningar bland annat för att reducera kostnader och effektivisera kommunikationen. Författaren väljer att dela in användningen av IT inom logistikverksamhet i fem huvudsakliga områden, vilket beskrivs enligt följande:

- **Hårdvara:** Avser integrerade enheter som är kopplade till informationssystem. Inom logistikverksamhet innefattar detta handdatorer, streckkodsläsare eller annan utrustning som möjliggör insamling och överföring av data.
- **Informationssystem:** Utgör en central del inom logistikverksamheter där data samlas in, lagras och bearbetas. Systemet fungerar som ett stöd för administrativa processer genom att ge förutsättning för effektiv informationshantering.
- **Nätverk och kommunikation:** Avser den tekniska infrastrukturen som möjliggör informationsbyte till kunder eller andra aktörer i en verksamhet. Detta omfattar bland annat telefoner, internetanslutningar eller kommunikationsplattformar som skapar förutsättning för kommunikation mellan olika parter.
- **Kunskap för att utnyttja IT:** Avser den kompetens och förståelse som krävs för att effektivt kunna integrera IT-lösningar inom en verksamhet.
- **Tjänster:** Omfattar de lösningar som erbjuds för att effektivisera verksamheten. Inom logistiksektorn är det vanligt med tjänster som tredjepartslogistik, cross docking och andra lösningar som skapar förutsättningar för en effektivare logistikhantering.

Szabo (2024) lyfter fram att ett stabilt och välfungerande informationssystem är en grundläggande förutsättning för att kunna implementera IT-lösningar. Författaren menar att ett IT-system som används på ett korrekt sätt kan minska mänskliga fel och förbättra dataspårning inom en logistikverksamhet. Fredholm (2013) lyfter fram terminalverksamheter som ett betydelsefullt område där IT-system bör integreras inom logistiken. På terminaler hanteras stora mängder gods som snabbt behöver sorteras och identifieras. Genom att märka varje kolli med en streckkod möjliggörs en effektiv spårning, vilket i sin tur leder till kortare ledtid. Fredholm menar även att IT-lösningar möjliggör en effektiv kommunikation med kunder genom att informera om deras transporter. Detta medför förbättrad kundservice, planering och uppföljning av leveranser.

3.3 Terminalverksamhet

Enligt Jonsson (2008) spelar terminalverksamheter en betydande roll inom distributionssystemet då de fungerar som en länk mellan producenter och kunder. Jonsson beskriver att vanliga arbetsuppgifter på en terminal innefattar sortering och ompaketering. Gods anländer till terminalen och behöver sorteras samt eventuellt ompaketeras för vidare distribution, antingen till andra terminaler eller direkt till slutmottagare. Författaren lyfter att dessa arbetsmoment ofta identifieras som flaskhalsar inom en terminalverksamhet. Detta då de medför betydande köbildning särskilt under perioder med hög belastning. Mattfeld (2006) betonar att produktiviteten inom terminalverksamheter är kopplad till ledtider och är en avgörande faktor för verksamhetens framgång. Hög produktivitet innebär att stora volymer kan hanteras inom en bestämd tidsperiod. Vidare lyfter Mattfeld att produktiviteten hos terminaler kan förbättras genom investeringar i hanteringsutrustning eller genom automatiserade planeringsstöd. Effektiv planering kan minska ogynnsamma beslut gällande lagerplaceringar och på så sätt bidra till kortare genomloppstid.

3.4 Genomloppstid

Oskarsson et al. (2021) skriver att genomloppstid avser den tid det tar för att slutföra en process. Författarna framhåller att den kan mätas på olika sätt, beroende på om fokus ligger på hela processen eller bara delar av den. Det vanligaste sättet är att mäta tidsintervallet från det att en process startar tills att den slutförs. Ponte et al. (2018) lyfter att genomloppstid är en central faktor inom logistikverksamheter. De betonar vikten av att hitta en balans mellan verksamhetens effektivitet och kundservicenivån. Längre genomloppstid leder ofta till ökad osäkerhet i försörjningskedjan, vilket ofta medför ett behov av att öka säkerhetslagret. Det minskar även kundservicenivån, då längre leveranstider har negativ inverkan på kundnöjdheten. Författarna påpekar att kortare genomloppstid kan öka kundnöjdheten, men samtidigt ställer högre krav på verksamhetens förmåga att leverera inom utsatt tid.

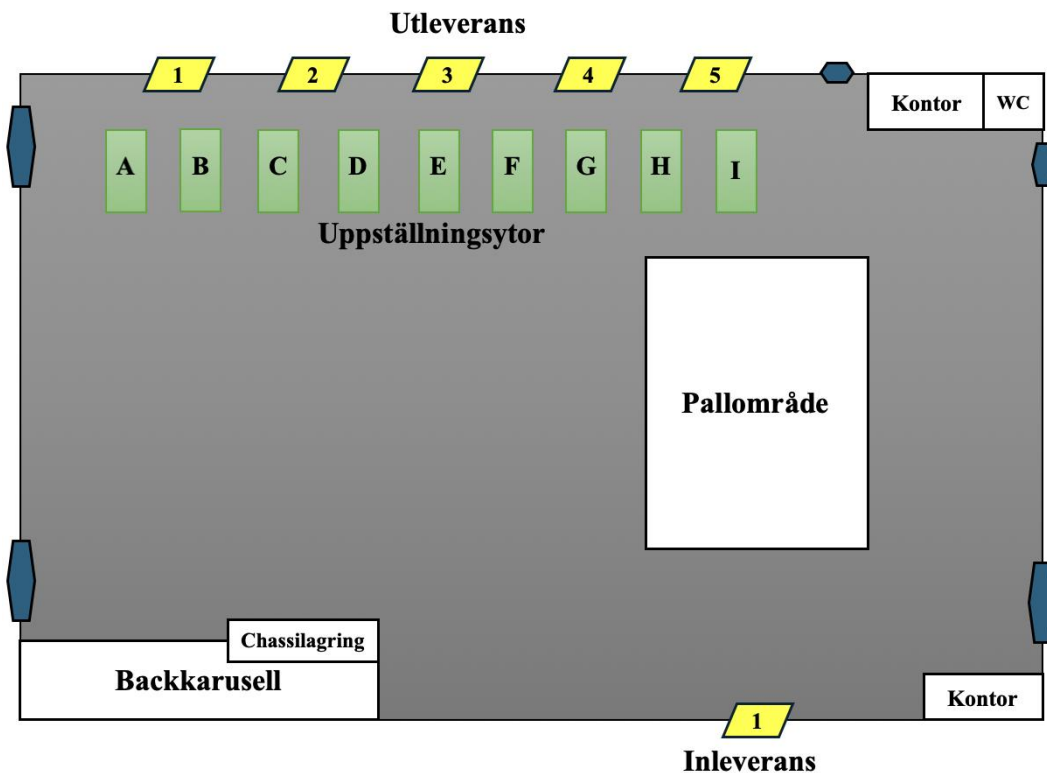
Ponte et al. (2018) väljer att kategorisera faktorer som påverkar verksamhetens genomloppstid i två huvudkategorier: inre och yttre faktorer. De inre faktorerna avser aspekter inom verksamhetens egna ramar, såsom produktionstid och interna hanteringstider. De yttre faktorerna omfattar däremot sådana aspekter som ligger utanför verksamhetens direkta styrning. Detta kan innefatta transporter utförda av leverantörer, trafikförhållanden samt regelverk. Författarna betonar att en viktig del i arbetet med att förbättra verksamhetens genomloppstid är att urskilja och analysera både inre och yttre faktorer. Detta ökar möjligheten att identifiera vilka delar av försörjningskedjan som har störst potential för att förbättra genomloppstiden.

4. Systembeskrivning

I detta kapitel beskrivs nuläget vid den studerade terminalen. Avsnittet omfattar en beskrivning av flödet, terminalens strukturella utformning samt de aktiviteter som inkluderas i studien.

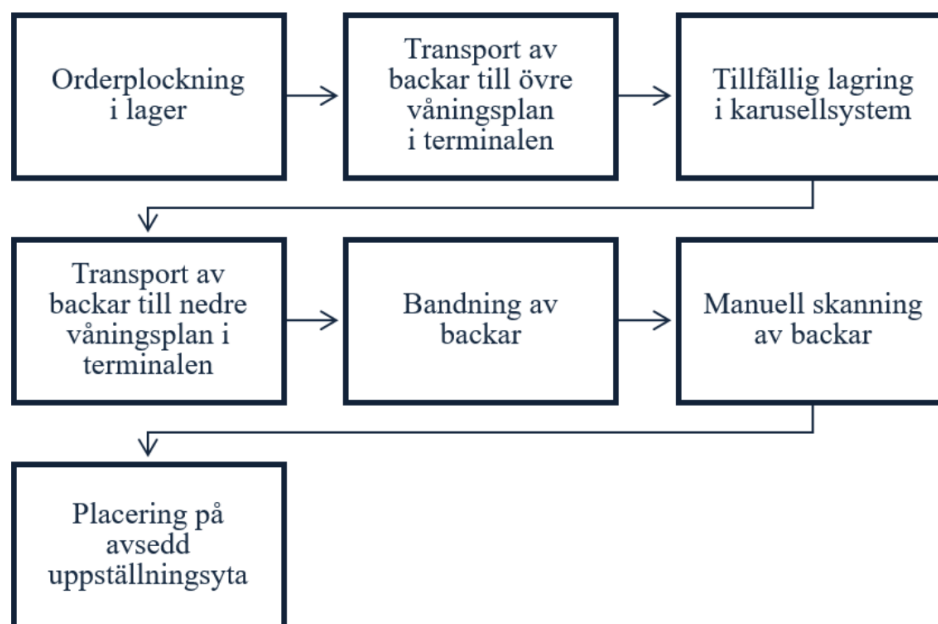
4.1 Terminalens funktion och uppbyggnad

Terminalen som studeras består av två våningsplan, där den huvudsakliga hanteringen och transporten sker på nedre våningen. Denna nivå utgör kärnan i terminalens flöde och utgör därför fokus för studien. Figur 5 presenterar en översikt över terminalens nedre våning.



Figur 5: Översikt över terminalens nedre våningsplan

Terminalen är belägen i direkt anslutning till lagret, där all plockning av artiklar genomförs. För att effektivisera hanteringen och transporten används standardiserade backar för godset. När en order är plockad och färdigställd, transporteras backarna automatiskt från lagret till terminalens ovanvåning via transportband genom gångar. Där lagras de tillfälligt i ett karusellsystem, som fungerar som ett automatiserat lagringssystem där allt färdigställt gods placeras i väntan på vidare hantering. Systemet organiserar backar på ett strukturerat sätt, vilket möjliggör att de kan transporteras effektivt till nedre våningen när distributionslastbilarna ska ankomma. Nedan presenteras Figur 6 som illustrerar terminalens processflöde.



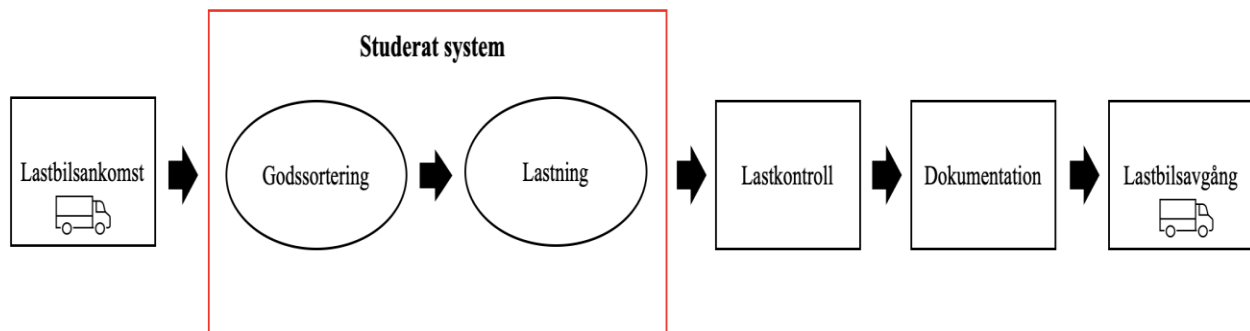
Figur 6: Översikt över terminalens processflöde

Ansvarig personal på terminalen har det övergripande ansvaret att transportera ned backarna till nedre våningen. Denna process genomförs via ett IT-baserat system som används för att kontrollera backarna. När processen utförs sänks backarna automatiskt ner till nedre våningen där de sedan genomgår ett flertal steg. I det första steget passerar backarna en bandningsmaskin som säkrar godset. Efter bandningen utför en terminalarbetare en manuell skanning av godset, varefter det placeras på avsedd uppställningsyta.

För att säkerställa korrekt hantering och undvika sammanblandning av gods är varje slutdestination tilldelad en specifik uppställningsyta. Dessa ytor är tydligt skyltade och organiserade för att underlätta sorteringen. Terminalen är utrustad med totalt nio uppställningsytor. Utlastningen av gods sker genom fem lastningsportar som är avsedda för utgående leveranser. Det finns inga fasta anvisningar om vilken lastningskaj som ska användas för respektive slutdestination. I praktiken placeras lastbilarna normalt vid den lastningskaj som ligger närmast den uppställningsyta som är avsedd för godset. Det finns dessutom en separat port som hanterar alla inkommande godsbärare.

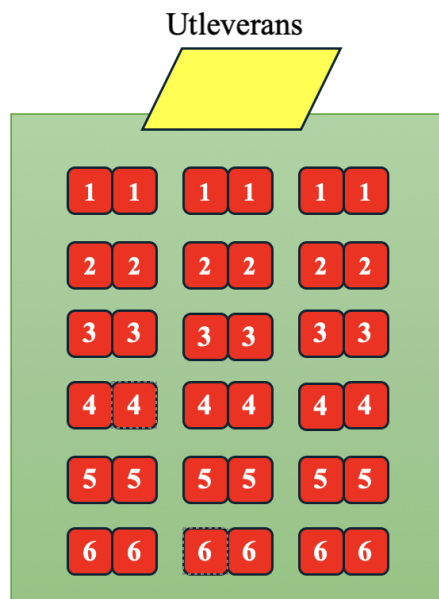
4.2 Beskrivning över lastningsprocessen

Lastningsprocessen inleds vid terminalens inkommande port, där tomma backar returneras och hanteras av terminalarbetarna. Denna process genomförs för att möjliggöra återanvändning av backarna i kommande transporter. När backarna har tömts fortsätter distributionslastbilen till den lastningskaj som används till utgående gods. Valet av lastningskaj baseras i praktiken på närhet till den uppställningsyta där godset är placerat. Figur 7 sammanfattar de centrala aktiviteterna i lastningsprocessen för utgående gods.



Figur 7: Översikt över terminalens lastningsprocess

Lastningsprocessen utförs i helhet av lastbilschauffören som ansvarar för samtliga aktiviteter. Godset består av backar placerade på chassin, där ett fullastat chassi rymmer 12 backar. Vid lastning prioriteras alltid att chassina fylls helt eftersom det underlättar hanteringsprocessen. Processen inleds med att lastbilschauffören identifierar och kontrollerar varje kolli enskilt på uppställningsytan. I detta skede i processen står godset i en blandad ordning, vilket kräver en manuell sortering. Denna sortering baseras på en förutbestämd lossningsordning för distributionsbilen. Metoden innebär att chassin som ska lossas sist placeras längst in i lastbilen. Upplägget bidrar till en strukturerad och effektiv lossningsprocess vid ankomst till respektive destination. Nedan följer Figur 8, som illustrerar hur sorteringen kan se ut på terminalen. I figuren representerar varje siffra på godset en specifik destination, vilket tydliggör sorteringssekvensen.



Figur 8: Sorterat gods på uppställningsyta efter genomförd sorteringsprocess

När sorteringen är genomförd kan lastbilschauffören påbörja lastningen av godset. Eftersom chassina är utrustade med hjul sker lastningen manuellt genom att chauffören rullar in godset från uppställningsytan. När all last är på plats genomförs en noggrann lastkontroll för att säkerställa att godset är säkrat och stabilt under transport. Slutligen hanteras det administrativa arbetet tillsammans med terminalens ansvariga, vilket inkluderar dokumentation. När dessa moment är genomförda kan lastbilen lämna terminalen för distribution. För att undersöka förbättring av terminalens lastningsprocess har två ytterligare scenarier utvecklats. Det ena scenariot fokuserar på hur mycket den totala genomloppstiden påverkas när en lastningsförberedelse utförs manuellt av en terminalarbetare. Det andra scenariot undersöker hur mycket tid som kan sparas genom att eliminera sorteringsaktiviteten. I detta framtida koncept placeras godset på rätt plats direkt när en terminalarbetare ställer det på uppställningsytan.

5. Konceptuell modell

I detta kapitel presenteras den konceptuella modellen som utgör grunden för studien. Den konceptuella modellen används för att analysera tre scenarier, vilka samtliga utgår från samma modellstruktur. Skillnaden mellan scenarierna avser de indata som används för aktiviteterna.

5.1 Modellens mål

Modellen har utvecklats för att möjliggöra en analys av terminalens verksamhet genom att visualisera flödet, mäta prestation och utvärdera alternativa scenarier. Modellens övergripande mål kan beskrivas enligt följande:

- Visualisering av terminalens flöde: Modellen ska ge en tydlig bild över hur utgående gods rör sig genom terminalen.
- Beräkning av genomloppstid: Modellen ska möjliggöra beräkning av den totala genomloppstiden för nuvarande flöde.
- Analys av lastningsförberedelse: Modellen ska kunna användas för att analysera lastningsförberedelsens påverkan på den totala genomloppstiden.

5.2 Experimentella faktorer

För att möjliggöra en analys av respektive simuleringsscenario krävs det att följande experimentella faktorer justeras och anpassas i enlighet med scenariots förutsättningar:

- Tidsåtgång för sortering av chassin på uppställningsytorna, representerad som fördelning.
- Tidsåtgång av lastning av enskilda chassin., representerad som fördelning.

5.3 Utdata

De resultat som genereras av modellen utgör grunden för analysen av terminalens utgående flöde. För att modellen ska kunna uppnå sitt mål krävs följande utdata:

- Total genomloppstid för terminalens utgående flöde.

5.3 Modellens komponenter

Baserat på systembeskrivningen samt de observationer som genomförts har relevanta komponenter för modellen identifierats. Dessa komponenter utgör centrala element för att möjliggöra en analys av terminalens utgående flöde. Vissa komponenter har uteslutits, vilket motiveras genom särskilda förklaringar. I Tabell 3 redovisas samtliga identifierade komponenter för den nulägesmodellen.

Tabell 3: Översikt över modellens komponenter

Komponent	Inkludera/Exkludera	Motivering
Entiteter:		
Backar	Exkludera	Backar exkluderas eftersom de vid avgång alltid placeras på chassin och därför inte kräver separat hantering.
Chassin	Inkludera	Chassin inkluderas då de utgör en central enhet i terminalens utgående flöde och är avgörande för modellens analys.
Aktiviteter:		
Sortering	Inkludera	Sortering inkluderas då det utgör en aktivitet i det studerade flödet.
Lastning	Inkludera	Lastning inkluderas då det utgör en aktivitet i det studerade flödet.
Lastkontroll	Exkludera	Lastkontroll exkluderas eftersom den inte utgör en del av det studerade flödet och därmed ligger utanför modellens avgränsningar.
Dokumentation	Exkludera	Dokumentation exkluderas eftersom den inte utgör en del av det studerade flödet och därmed ligger utanför avgränsningar.
Köer		
Kö till sortering	Inkludera	Kö till sortering inkluderas då den påverkansmodellens genomloppstid.
Kö till lastning	Inkludera	Kö till lastning inkluderas då den påverkansmodellens genomloppstid.
Resurser		
Lastbilschaufför	Inkludera	Lastbilschaufför inkluderas då rollen är en central del för det studerade flödet.

För de alternativa scenarierna har vissa komponenter modifierats jämfört med nulägesmodellen. I scenario 2 bibehålls samtliga komponenter från nulägesmodellen, med undantag för att en terminalarbetare läggs till som en ytterligare resurs. I scenario 3 används hela nulägesmodellen, med undantag för att sorteringstiden exkluderas. De specifika komponentförändringarna för respektive scenario redovisas nedan i Tabell 4 och Tabell 5 med en beskrivning av motiven.

Tabell 4: Modifierade komponenter i det alternativa scenario 2

Resurser	Inkludera/Exkludera	Motivering
Terminalarbetare	Inkludera	Terminalarbetare inkluderas eftersom de utför sortering och därmed påverkar flödet.

Tabell 5: Modifierade komponenter i det alternativa scenario 3

Aktiviteter:	Inkludera/Exkludera	Motivering
Sortering	Exkludera	Sortering exkluderas i det alternativa scenariot eftersom aktiviteten inte ingår.

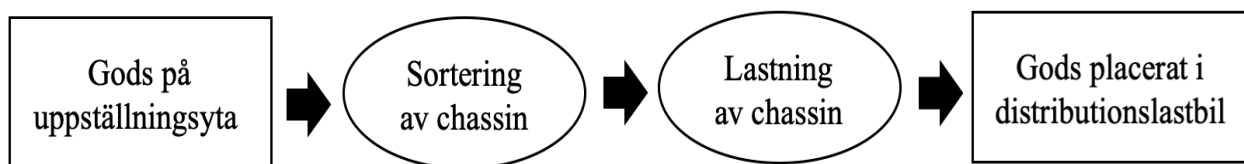
5.4 Antaganden och Begränsningar

För att kunna återspegla terminalens utgående flöde på ett realistiskt sätt har vissa antaganden och begränsningar varit nödvändiga. Följande modellantaganden och begränsningar har därför tillämpats:

- Flödet följs på chassinivå, där varje chassi behandlas som en separat enhet.
- Sorteringen baseras på samtliga chassin tillsammans eftersom det är svårt att mäta sorteringstiden för ett enskilt chassi.
- Lastningen mäts för varje enskilt chassi för att möjliggöra en korrekt analys av lastningsprocessen.
- Övriga aktiviteter som lastkontroll och dokumentation exkluderas från modellen.

5.5 Strukturell uppbyggnad av modellen

Den konceptuella modellen är utformad för att representera terminalens utgående flöde och omfattar två huvudsakliga aktiviteter. Figur 9 illustrerar flödet genom terminalen från uppställningsytan till det lastade godset i distributionslastbilen.



Figur 9: Illustration av det flöde som studeras

Entiteterna i modellen består av chassin, vilka representerar godset som rör sig genom terminalens utgående flöde. Modellen omfattar två aktiviteter: sorteringsprocessen och lastningsprocessen. För att analysera modellen och besvara studiens frågeställningar har simuleringsexperiment utförts. Det experimentella upplägget bygger på en identisk modellstruktur. Variationen mellan experimentet avser indata för respektive process.

6. Indataanalys

I detta kapitel redogörs för hur insamlade data har bearbetats för att kunna implementeras i simuleringsmodellen.

6.1 Datainsamling

Datainsamlingen från den studerande terminalen har erhållits genom observationer och historisk verksamhetsdata. Observationerna genomfördes primärt på terminalen, där sorterings- och lastningstider registrerades i ett dokument. Totalt omfattade observationerna sortering och lastning för tre specifika distributionslastbilar. Mätningar av tid angavs i minuter och sekunder för att möjliggöra en noggrann redovisning av tidsåtgång för respektive aktivitet. Syftet var att säkerställa att tidsåtgången för varje aktivitet återspeglades korrekt, vilket är avgörande för simuleringsmodellens tillförlitlighet. Tiderna användes för att generera processtider för respektive aktivitet i simuleringsmodellen.

Data från verksamheten erhöles via Excel från terminalens kontaktperson och omfattade antalet hanterande backar under april 2025. Denna månad valdes då den utgjorde den senaste perioden med tillgänglig data. Terminalens kontaktperson bedömde dessutom att månaden var representativ för den aktuella godsvolymen vid terminalen. Excelformuläret innehöll tre blad, där varje blad redovisade antalet backar för respektive distributionslastbil som studerades. Syftet med insamling av verksamhetsdata var att få underlag för godsvolymer som anländer till respektive aktivitet. Denna information fungerar som nödvändig indata för simuleringsmodellen och säkerställer en realistisk representation av terminalens utgående flöde. En del av den erhållna verksamhetsdata illustreras i Tabell 6.

Tabell 6: Sammanställning över verksamhetsdata

Datum	Antal Backar	Utlastning
2025-04-01	136	Eskilstunaslingan
2025-04-02	145	Eskilstunaslingan
2025-04-03	133	Eskilstunaslingan
2025-04-04	142	Eskilstunaslingan
2025-04-07	163	Eskilstunaslingan
2025-04-08	144	Eskilstunaslingan
2025-04-09	126	Eskilstunaslingan
2025-04-10	139	Eskilstunaslingan
2025-04-11	148	Eskilstunaslingan
2025-04-14	168	Eskilstunaslingan
2025-04-15	122	Eskilstunaslingan
2025-04-16	133	Eskilstunaslingan

2025-04-17	141	Eskilstunaslingan
2025-04-22	183	Eskilstunaslingan
2025-04-23	159	Eskilstunaslingan
2025-04-24	124	Eskilstunaslingan
2025-04-25	137	Eskilstunaslingan
2025-04-28	168	Eskilstunaslingan
2025-04-29	153	Eskilstunaslingan
2025-04-30	147	Eskilstunaslingan

Utöver detta erhöles även sorteringssekvensen för respektive distributionslastbil från företaget Agna Logistik. Denna data har inte krävt någon bearbetning utan har främst använts för att förstå hur sorteringen bör ske utifrån lossningsordningen.

6.2 Databearbetning

Den registrerade tidsåtgången för respektive aktivitet har bearbetats med fokus på att bevara variationen och att inkludera samtliga registrerade observationer. Med hänsyn till att arbetet utförts av olika lastbilschaufförer med varierande arbetstempo har inga tidsmätningar exkluderats. För att möjliggöra en representation i simuleringsmodellen har de ursprungliga tiderna omvandlats till ett standardiserat tidsmått. Tider som ursprungligen noterats i minuter och sekunder har omvandlats till endast minuter med decimaler. Syftet med denna omvandling är att skapa ett enhetligt tidsmått som kan integreras direkt i simuleringsmodellen.

Excelformuläret som erhöles från terminalens kontaktperson krävde ingen datarensning, vilket innebär att samtliga arbetsdagar under april 2025 inkluderas i analysen. I samtal med den ansvarige har inga betydande avvikelser i godsvolymer observerats under den aktuella månaden. Eftersom verksamheten endast tillhandhållit information om antalet backar, och inte om antalet chassin som skickas har data bearbetats med vissa antaganden. Verksamheten prioriterar alltid att skicka fulla chassin för att underlätta hanteringen vid terminalen och under transporten. Ett fullt chassi rymmer 12 backar. För att kunna analysera godsmängden på chassinivå har antalet backar omräknats till motsvarande antal chassin. För att beräkna antalet chassi som skickas per dag för respektive distributionslastbil har följande beräkning använts:

$$\frac{\text{Antal backar per dag}}{12} = \text{Antal chassin per dag}$$

För att spegla den faktiska hanteringen avrundas antalet chassin alltid uppåt. Detta eftersom det bara är möjligt att skicka ett helt chassi. Nedan i Tabell 7 presenteras hur data bearbetats från antalet backar till chassinivå. Tabellen visar endast bearbetning för en distributionslastbil och illustrerar principen. Bearbetningen har genomförts på samma sätt för de två övriga distributionslastbilarna.

Tabell 7: Sammanställning över antal chassin

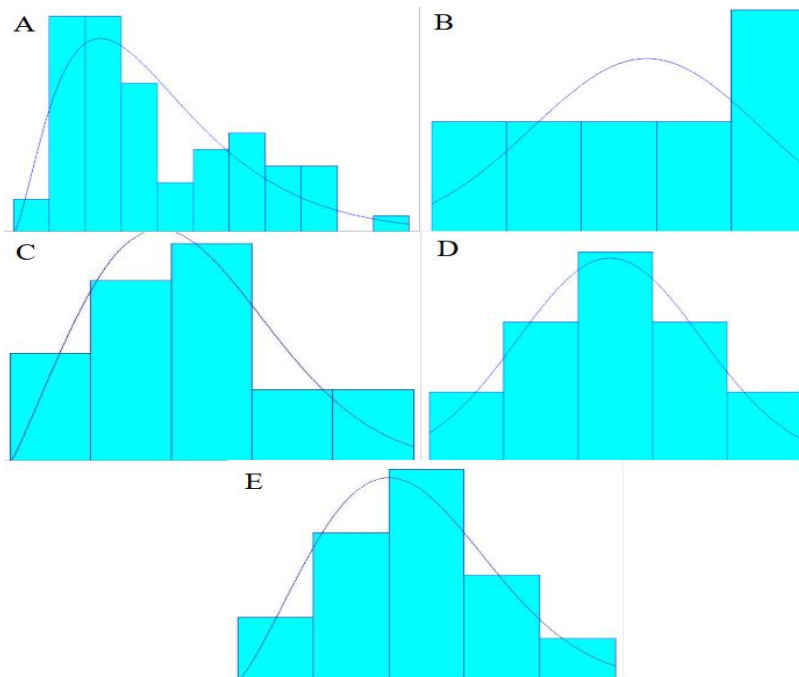
Datum	Antal Backar	Utlastning	Antal Chassin
2025-04-01	136	Eskilstunaslingan	12
2025-04-02	145	Eskilstunaslingan	13
2025-04-03	133	Eskilstunaslingan	11
2025-04-04	142	Eskilstunaslingan	12
2025-04-07	163	Eskilstunaslingan	14
2025-04-08	144	Eskilstunaslingan	12
2025-04-09	126	Eskilstunaslingan	11
2025-04-10	139	Eskilstunaslingan	12
2025-04-11	148	Eskilstunaslingan	13
2025-04-14	168	Eskilstunaslingan	14
2025-04-15	122	Eskilstunaslingan	11
2025-04-16	133	Eskilstunaslingan	11
2025-04-17	141	Eskilstunaslingan	12
2025-04-22	183	Eskilstunaslingan	16
2025-04-23	159	Eskilstunaslingan	14
2025-04-24	124	Eskilstunaslingan	11
2025-04-25	137	Eskilstunaslingan	12
2025-04-28	168	Eskilstunaslingan	14
2025-04-29	153	Eskilstunaslingan	13
2025-04-30	147	Eskilstunaslingan	13

6.3 Resultat av indataanalysen

Indataanalysen resulterade i ett bearbetat dataset som skapade förutsättning för en realistisk representation av terminalens utgående flöde. Antal backar omvandlades till motsvarande antal chassin, vilket resulterade i ett dataset som innehåller data över hanterande chassin för de tre distributionslastbilar under samtliga arbetsdagar i april 2025. Syftet med datasetet var att möjliggöra en korrekt representation av mängden chassin som hanteras i terminalens utgående flöde. Datasetet analyserades med hjälp av Input Analyzer för att identifiera en passande fördelning. Tidsmätningarna från sorterings- och lastningsprocessen samlades in från samtliga tre distributionslastbilar och analyserades också i Input Analyzer. Analysen genererade statistiska fördelningar som representerar tidsåtgången för respektive aktivitet. Dessa fördelningar implementerades i modellens parametrar och användes för att simulera variationen i arbetsmomenten. Modellen simulerar samtliga arbetsdagar under april 2025, vilket säkerställer en realistisk representation av terminalens utgående flöde. I Tabell 8 redovisas en sammanställning av identifierade fördelningarna, medan Figur 10 visar en grafisk illustration av respektive fördelning.

Tabell 8: Sammanställning av identifierade fördelningar med tillhörande resultat från fördelningstester

Beteckning	Beskrivning	Fördelning	Kvadratfel	Statistisk fördelningstest	Signifikans nivå (p-värde)
A	Fördelning över antal hanterande chassin.	Gammafördelning: $5.5 + \text{GAMM}(1.57, 2.53)$	0.015237	Chi Square Test (Test statistik = 5.31)	0.166
B	Fördelning av sorteringstiden i nuvarande arbetssätt.	Normalfördelning: $\text{NORM}(8.36, 0.458)$	0.053581	Kolmogorov-Smirnov Test (Test statistik = 0.219)	> 0.15
C	Fördelning av lastningstiden i nuvarande arbetssätt.	Weibullfördelning: $0.32 + \text{WEIB}(0.226, 2.12)$	0.010386	Kolmogorov-Smirnov Test (Test Statistic = 0.101)	> 0.15
D	Fördelning av sorteringstiden vid manuell lastningsförberedelse.	Normalfördelning: $\text{NORM}(7.51, 0.345)$	0.001704	Kolmogorov-Smirnov Test (Test statistik = 0.17)	> 0.15
E	Fördelning av lastningstiden vid manuell lastningsförberedelse.	Weibullfördelning: $0.32 + \text{WEIB}(0.167, 2.24)$	0.005772	Kolmogorov-Smirnov Test (Test Statistic = 0.0728)	> 0.15



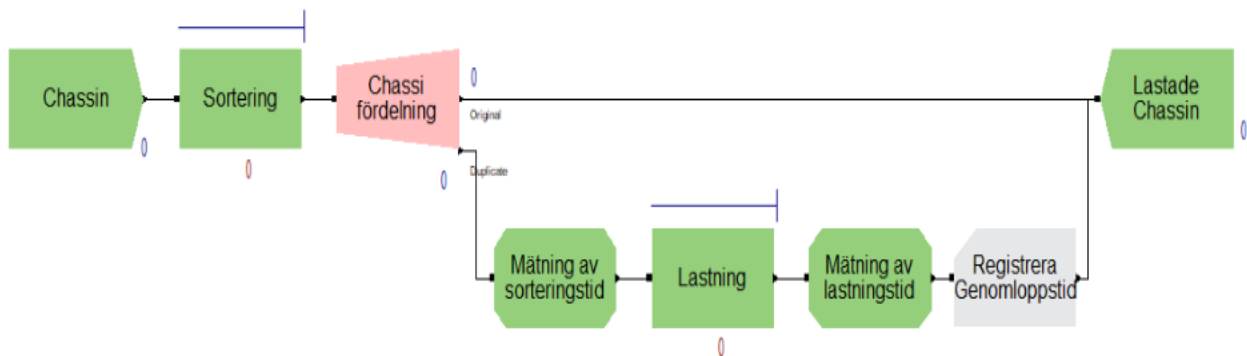
Figur 10: Sammanställning av diagram från Input Analyser som visar de identifierade fördelningarna

7. Modellkonstruktion

I detta kapitel presenteras konstruktionen av den simuleringsmodell som utvecklats i programvaran ARENA. Kapitlet syftar till att beskriva modellens uppbyggnad, de olika modulerna samt hur de alternativa scenarierna har implementerats.

7.1 Simuleringsmodellens konstruktion

Simuleringsmodellen har utvecklats för att återspegla det nuvarande arbetssättet i terminalens utgående flöde och utgör samtidigt en grund för analysen av alternativa scenarier. Modellens konstruktion baseras på den konceptuella modellen, vilket säkerställer att dess struktur överensstämmer med terminalens faktiska process för utgående gods. Figur 11 nedan illustrerar simuleringsmodellen i ARENA som representerar nuläget.



Figur 11: Simuleringsmodell i ARENA som representerar terminalens nuvarande process för utgående gods

Den konstruerade simuleringsmodellen består av sex moduler, där varje modul representerar en specifik funktion. Nedan följer en beskrivning av de modulerna som ingår i simuleringsmodellen samt deras respektive funktioner.

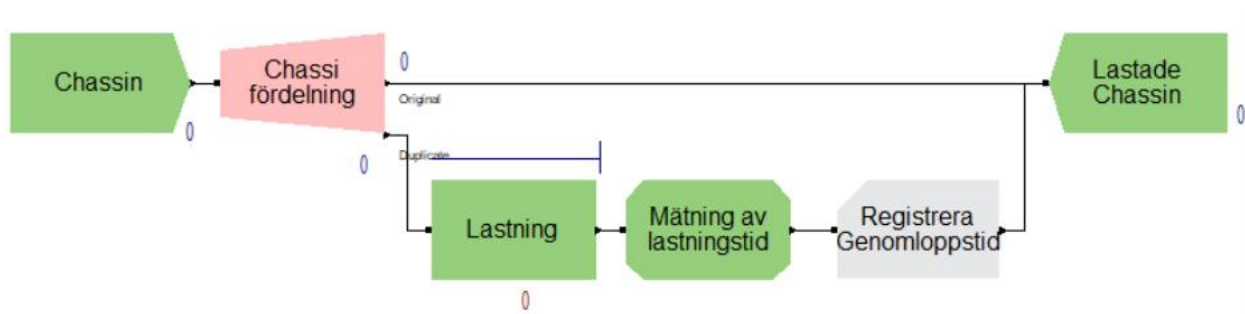
- Create: Modulen används för att generera entiteter. I denna simuleringsmodell representerar entiteterna chassin som rör sig genom terminalens utgående flöde.
- Process: Modulen används för att beskriva aktiviteter eller processer. I simuleringsmodellen har två processer implementerats: en sorteringsprocess och en lastningsprocess.
- Separate: Modulen används för att dela upp entiteter utifrån en specificerad fördelning. I simuleringsmodellen skapar modulen kopior av entiteter baserat på chassifördelningen, vilket möjliggör en realistisk representation av volymen chassi.
- Assign: Modulen används för att tilldela entiteter specifika egenskaper eller attribut. I simuleringsmodellen används den för att registrera ett attribut som representerar genomloppstiden för respektive aktivitet.

- Record: Modulen används för att sammanställa data över systemet. och resultat över systemet. I simuleringssmodellen används den för att registrera både genomloppstid per aktivitet och den totala genomloppstiden.
- Dispose: Modulen används för att representera systemets slutpunkt. I simuleringssmodellen används den för att indikera att chassina har lastats, vilket markerar avslutningen för terminalens utgående flöde.

7.2 Scenarioanpassningar

För att möjliggöra analys av alternativa scenarier har vissa delar av nulägesmodellen modifierats. Scenario 2 bygger på samma simuleringssmodell som nuläget, men indata för respektive process har justerats enligt andra sannolikhetsfördelningar.

Scenario 3 representerar ett framtida koncept med ett IT-baserat system som eliminerar behovet av manuell sortering. I detta scenario har sorteringsprocessen helt exkluderats från modellen, vilket innebär att scenariot anpassas efter förändrade förutsättningar. Figur 12 nedan illustrerar hur simuleringssmodellen har modifierats i ARENA för scenario 3.



Figur 12: Simuleringsmodell i ARENA som representerar scenario 3

8. Simuleringsexperiment

I detta kapitel presenteras de tre simuleringsscenarier som har genomförts för att analysera terminalens utgående flöde. Syftet är att undersöka hur olika nivåer av lastningsförberedelse påverkar flödetsprestanda.

8.1 Scenario 1 – Nuvarande arbetssätt

Det första scenariot syftar till att analysera det befintliga arbetssättet vid terminalen och fungerar som utgångspunkt för jämförelser mot alternativa upplägg. Scenariot representerar den nuvarande processen för sortering och lastning av utgående gods. I nuläget ansvarar lastbilschauffören för hela lastningsförloppet, vilket inkluderar både manuell sortering och lastning. Godset placeras på en avsedd uppställningsyta och lastbilschauffören ansvarar för att sortera det enligt distributionslastbilens lossningsordning innan lastningen påbörjas.

För att analysera det aktuella flödet tas hänsyn till den faktiska tidsåtgången för sorterings- och lastningsaktiviteter. Syftet med scenariot är att mäta den totala genomloppstiden för lastning av en transport enligt det nuvarande arbetssättet. Scenario 1 baseras på nulägesmodellen och används som underlag för att kunna bedöma förändringar i genomloppstid vid införandet av en lastningsförberedelse.

8.2 Scenario 2 – Manuell lastningsförberedelse

I detta scenario överförs sorteringsprocessen från lastbilschauffören till en terminalarbetare som manuellt förbereder godset enligt distributionslastbilens lossningsordning. Scenariot bygger på samma övergripande modellstruktur som nulägesmodellen. Tidsfördelningarna för respektive aktivitet har dock justerats utifrån nya mätvärden som speglar den tid som terminalarbetaren behöver för att genomföra sorteringsprocessen. Lastningsprocessen fortsätter att utföras av lastbilschauffören, men även denna aktivitet har andra fördelningar för att kunna analysera hur den manuella lastningsförberedelsen påverkar flödetsprestanda. Syftet med scenariot är att analysera effekterna av en manuell lastningsförberedelse. Resultaten används som underlag för jämförelser mot nuvarande arbetssätt samt ett framtida koncept baserat på ett automatiserat system.

8.3 Scenario 3 – Automatiserad lastningsförberedelse

Detta scenario representerar ett framtida koncept där sorteringsprocessen sker med stöd av ett IT-baserat system. Systemet genererar automatiskt placeringsförslag för respektive chassi utifrån distributionslastbilens lossningsordning. Genom det IT-baserade systemet elimineras behovet av en manuell sorteringsprocess, då godset automatiskt placeras och organiseras i korrekt ordning redan när en terminalarbetare ställer upp det på uppställningsytan.

Scenariot baseras på den modellkonstruktionen som illustreras i Figur 12 och bygger på det digitala system som utvecklats av AGNA Logistik. Det IT-baserade systemet kommer dock inte att implementeras i den studerande verksamheten, utan används som underlag för att utvärdera de potentiella tidsbesparingar som kan uppnås genom en framtida automatiserad lastningsförberedelse.

9. Validering och verifiering

I detta kapitel presenteras de metoder som har tillämpats för att validera och verifiera både den konceptuella modellen och simuleringsmodellen. Syftet är att säkerställa att modellen återspeglar terminalens faktiska process för utgående gods.

9.1 Konceptuell modell

Den konceptuella modellen har utvecklats med relevanta aktörer från AGNA Logistik och terminalen där studien genomförts. Detta tillvägagångsätt överensstämmer med Casas (2023), som framhåller att validering av en konceptuell modell innebär att säkerställa att modellens antaganden är relevanta samt att förenklingar inte leder till missvisande representation av det studerade systemet. Validering och verifiering av modellen har genomförts genom flera besök på terminalen och samtal med nyckelpersoner. Syftet har varit att säkerställa att alla relevanta delar av terminalens utgående flöde inkluderas. Vidare har fokus varit på att tydliggöra hur respektive aktiviteter ska mätas samt hur systemets avgränsningar ska definieras.

Den konceptuella modellen bygger främst på den systembeskrivning som togs fram inledningsvis och som har dokumenterats löpande. En central del av systembeskrivningen omfattar specifikation och validering av den data som används i modellen. Enligt Casas (2023) uppnås datavalidering genom att säkerställa att informationen är korrekt, inte har några begränsningar och tillgänglig under hela studiens genomförande. Dessa aspekter säkerställdes både genom dialoger med terminalens kontaktperson och genom observationer på terminalen vid senare tillfällen.

9.2 Simuleringsmodell

För att säkerställa att simuleringsmodellen på ett korrekt sätt återspeglar den faktiska processen i terminalens utgående flöde har flera validerings- och verifieringstekniker tillämpats. De tekniker som studien utgår ifrån bygger på Sargent (2007) och omfattar bland annat spårning, känslighetsanalys och ytvaliditet. Nedan redogörs tillvägagångsättet för respektive teknik samt de erhållna resultaten.

Spårning

Spårning användes i studien som en validerings- och verifieringsteknik för att säkerställa att simuleringsmodellen fungerar som avsett. För att tillämpa denna teknik sänktes simuleringshastigheten i programvaran ARENA, vilket gjorde det möjligt att följa varje enskilt chassi genom systemet. Genom att analysera entiteternas rörelser kunde det säkerställas att samtliga steg i processen genomfördes i korrekt ordningsföljd och att modellens beteende överensstämde med den faktiska processen i terminalens utgående flöde.

Känslighetsanalys

För att säkerställa modellens korrekthet genomfördes även en känslighetsanalys. Tekniken innebär att modellens parametrar justeras för att undersöka hur förändringar påverkar resultaten. Känslighetsanalysen tillämpades för att bedöma effekten av att dubbla lastningstiderna i den nuvarande processen. Syftet var att bedöma om modellen reagerade i enlighet med det förväntade resultatet. För att genomföra känslighetsanalysen multiplicerades observationstiderna för nuvarande lastningsprocess med två. Därefter användes Input Analyzer för att beräkna en ny tidsfördelning för lastningsmomentet. Tabell 9 redovisar resultatet av känslighetsanalysen,

Tabell 9: Jämförelse mellan nuvarande och dubblerat lastningsmoment

Lastningsmoment	Ny tidsfördelning	Medelvärde av lastningstid (minuter)
Nuvarande lastningsmoment	-	4,48
Dubblerat lastningsmoment	$43.5 + \text{EXPO}(19.3)$	8,40

Resultaten från känslighetsanalysen visar att den totala genomloppstiden för lastningsprocessen ökar när lastningstiderna dubblas. Den totala genomloppstiden för det dubblerade lastningsmomentet motsvarar inte exakt det dubbla, vilket är logiskt eftersom Input Analyzer genererar en statistisk tidsfördelning som inkluderar variationer. Sammanfattningsvis visar analysen att modellen på ett realistiskt sätt återspeglar effekten av dubblerade lastningstider.

Ytvalidering

En ytterligare validerings- och verifieringsteknik som tillämpades under konstruktionen av simuleringsmodellen var ytvalidering. Tekniken genomfördes genom att studiens handledare granskade modellens struktur, flöde och uppbyggnad. Syftet med att involvera en person med mer erfarenhet inom simulering var att säkerställa att modellens konstruktion var korrekt och överensstämde med området. Målet var inte att validera modellens resultat, utan snarare att verifiera konstruktionen av simuleringsmodellen. Detta skedde mot den systembeskrivning och konceptuell modell som utvecklades i samarbete med AGNA Logistik samt terminalen där studien genomfördes. Genom denna metod säkerställdes att modellen på ett korrekt sätt representerar den faktiska processen.

Vidare har modellens resultat validerats genom att jämföra den totala genomloppstiden som genererades från simuleringsmodellen med den genomloppstid som uppmättes under observationstillfällena. Jämförelsen visar att simuleringsmodellens beräknade genomloppstider överensstämmer med de observerade värdena för respektive process, vilket indikerar att modellen på ett tillförlitligt sätt representerar terminalens faktiska process vid utgående gods.

10. Resultat och analys

I detta kapitel presenteras en sammanställning av resultaten. Vidare inkluderas även statistisk analys med syfte att utvärdera eventuella signifikanta skillnader mellan scenarierna.

10.1 Beräkning av antal replikationer

För att fastställa det antal replikationer som krävs för att uppnå statistisk tillförlitliga resultat utgår studien från den formel som beskrivs av Kelton et.al (2023) och som redogörs i kapitel 2.3.3. I den initiala körningen genomfördes 20 replikationer, vilket möjliggjorde en uppskattning över systemets variation. Halva konfidensintervallet uppgick till 0,78 minuter. Den önskade halvkonfidensintervallbredden sattes till 0,25 minuter motsvarande 15 sekunder, vilket bedömdes som en lämplig precision för att kunna identifiera statistiskt tillförlitliga resultat. Resultatet av beräkningen redovisas i ekvation 2.

$$(2) n \cong n_0 \cdot \frac{h_0^2}{h^2} = 20 \cdot \frac{0,78^2}{0,25} \cong 49$$

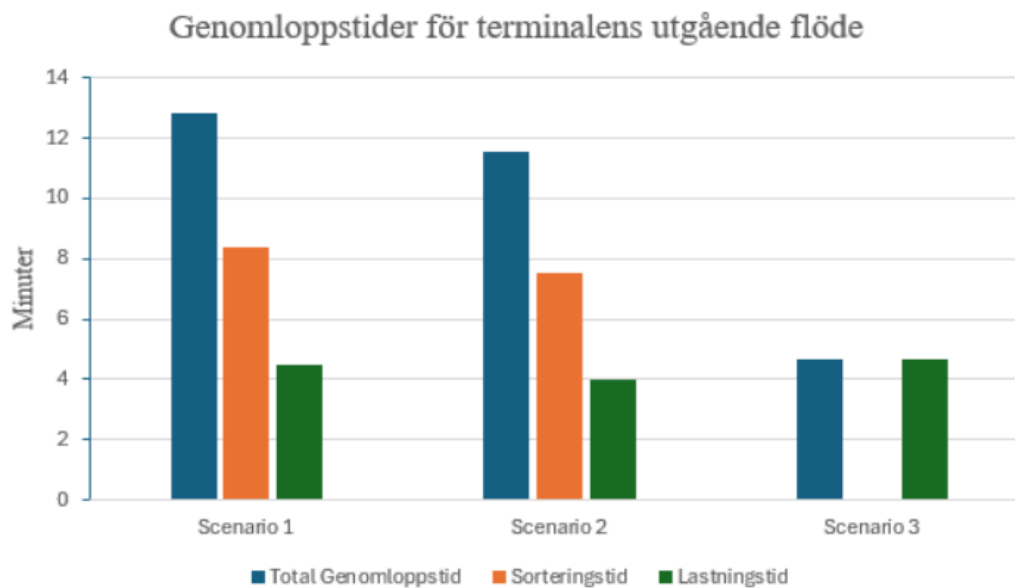
Enligt beräkningen krävs det totalt 49 replikationer för att uppnå statistiskt tillförlitliga resultat. Utöver det krävdes ingen uppvärmningstid för simuleringsmodellen eftersom den startar med godset på uppställningsytan. Det innebär att system redan befinner sig i rätt tillstånd, vilket gör att resultatet direkt speglar terminalens utgående flöde.

10.2 Sammanställning av resultat

Nedan presenteras en sammanställning av studiens resultat baserat på genomförda simuleringar. Tabell 10 visar den totala genomloppstiden för respektive scenario och Figur 13 illustrerar en grafisk representation av resultatet.

Tabell 10: Genomloppstider för analyserade scenarier

Scenario	Medelvärde av total genomloppstid (minuter)	Medelvärde av sorteringstid (minuter)	Medelvärde av lastningstid (minuter)
Scenario 1 – Nuvarande arbetssätt	12,86	8,37	4,48
Scenario 2 – Manuell lastningsförberedelse	11,56	7,52	4,04
Scenario 3 – Automatiserad lastningsförberedelse	4,71	0	4,71

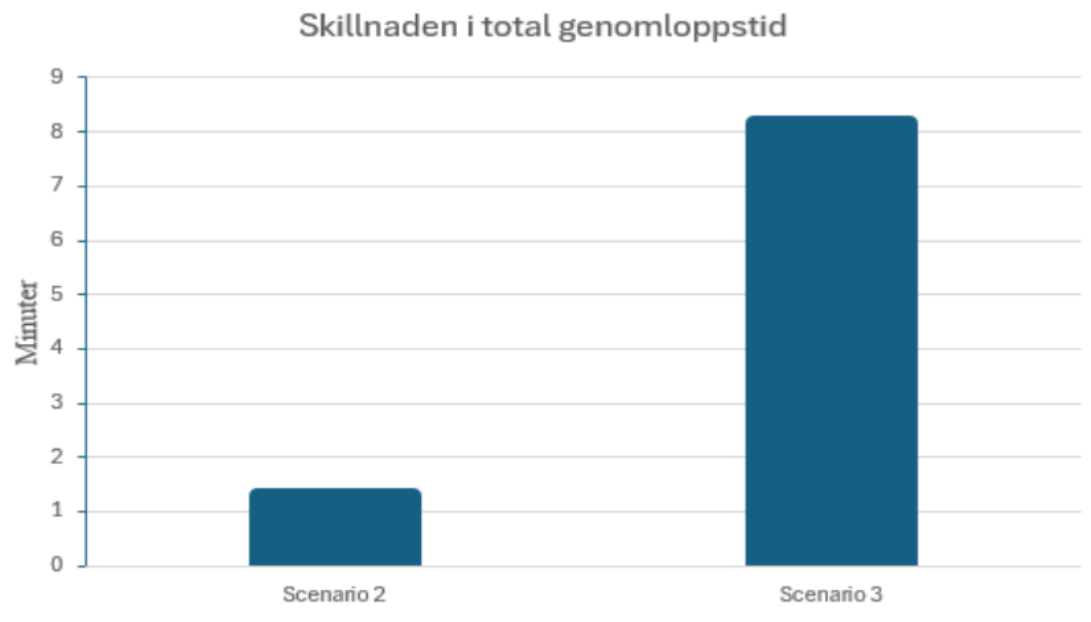


Figur 13: Grafisk representation av genomloppstider för analyserade scenarier

För att tydliggöra skillnaderna mellan de alternativa scenarierna mot nuvarande arbetssättet redovisas resultatet Tabell 11 och Figur 14.

Tabell 11: Jämförelse av total genomloppstid

Scenario	Medelvärde av total genomloppstid (minuter)	Skillnad mot nuvarande arbetssätt (minuter)	Procentuell förbättring av genomloppstid mot nuvarande arbetssätt
Scenario 1 – Nuvarande arbetssätt	12,86	-	-
Scenario 2 – Manuell lastningsförberedelse	11,56	1,3	10,1%
Scenario 3 – Automatiserad lastningsförberedelse	4,71	8,15	63,5%

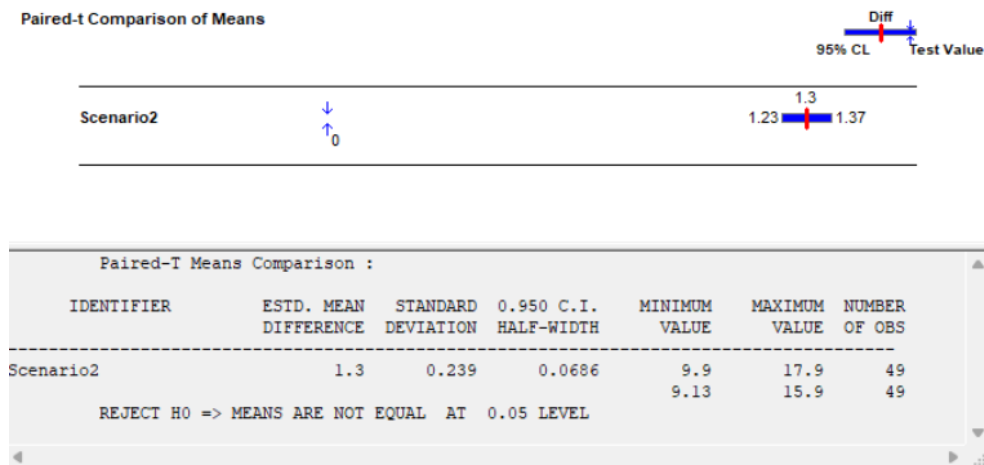


Figur 14: Grafisk representation av skillnaden mellan total genomloppstid

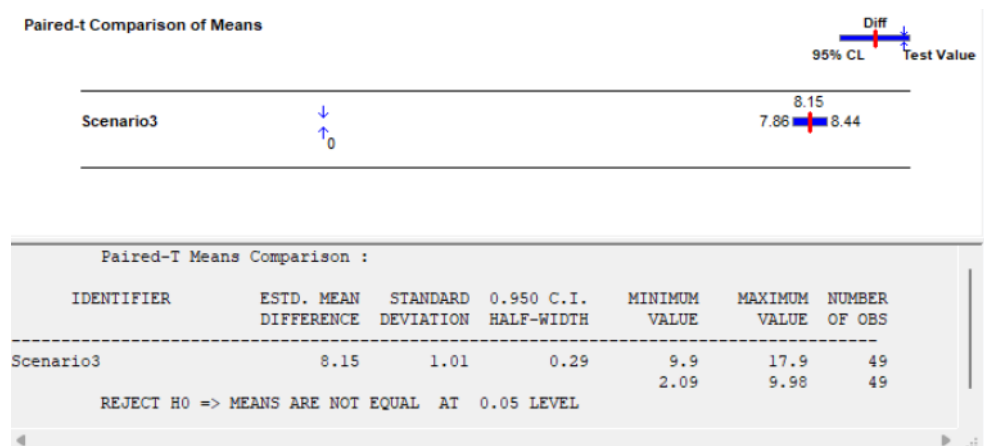
10.3 Statistisk analys

En central del i studien var att avgöra om skillnaderna mellan scenariernas resultat berodde på slumpmässiga variationer eller speglade verkliga effekter. För att undersöka om det förelåg statistiskt signifikant mellan scenarierna tillämpades ett parvis t-test, vilket möjliggjorde en direkt jämförelse av resultaten. Analysen genomfördes i programvaran Output Analyzer.

För att kunna analysera resultaten i Output Analyzer genererades dat-filer från simuleringmodellerna i ARENA där den totala genomloppstiden användes som mätvärde. Därefter jämfördes de två alternativa scenarierna med det nuvarande arbetssättet. Resultatet visade statistisk signifikanta skillnader i båda scenarierna eftersom konfidensintervallet inte inkluderade 0. Resultatet från båda analyserna illustreras i Figur 15 och Figur 16.



Figur 15: Statistisk analys av skillnaden mellan nuvarande arbetssätt och Scenario 2



Figur 16: Statistisk analys av skillnaden mellan nuvarande arbetssätt och Scenario 3

11. Diskussion

I detta kapitel presenteras en diskussion kring studiens resultat. Vidare diskuteras de faktorer som begränsat studien, samt förslag på framtida studier som kan utveckla och fördjupa kunskapen om lastningsförberedelsens betydelse. Avslutningsvis behandlas samhällliga och etiska aspekter kopplade till studien.

11.1 Diskussion kring resultat

Analysen av de alternativa scenarierna visar att lastningsförberedelsen har en positiv inverkan på den totala genomloppstiden. Vid införandet av en manuell lastningsförberedelse observerades en förbättring av den totala genomloppstiden på cirka 10,1%. Resultatet indikerade tydliga förbättringar i arbetsflödet när en terminalarbetare förbereder godset i korrekt ordning innan distributionslastbilen anländer. Metoden bidrog till mindre komplexitet för lastbilschaufförerna, då fokus kunde riktas enbart till lastningsmomentet. Genom att underlätta arbetsuppgifterna kunde ett mer effektivt arbetsflöde skapas. Studiens statistiska analys visade att förbättringen inte beror på slumpen utan representerar lastningsförberedelsens verkliga effekt. Jonsson och Mattson (2023) menar att tidseffektiva system är nödvändiga för att skapa värde för kunderna. Författarna menar att tid utgör ett presentationsmått inom logistikverksamheter och används för att kontinuerligt förbättra processer. Införandet av en lastningsförberedelse förbättrar den totala genomloppstiden och bör därför övervägas av den studerande verksamheten för att förbättra terminalens lastningseffektivitet.

Studien visar att den största tidsbesparingen uppnås vid implementering av en automatiserad lastningsförberedelse som eliminerar den manuella sorteringen. Resultatet ligger i linje med Fredholms (2013) argumentation om att terminalverksamheter är ett område där IT-lösningar bör integreras. Hanteringen av stora volymer gods medför ett behov av effektiva lösningar som möjliggör ökad kontroll och spårbarhet. Fredholm framhåller ett IT-baserat system dessutom kan bidra till förbättrad kundservice genom effektivare uppföljning av leveranser. Implementering av ett IT-system som eliminerar den manuella sorteringen förbättrade den totala genomloppstiden med cirka 63,5%, vilket tydligt understryker systemets effekt på lastningsprocessen. Utöver tidsbesparingen kan en sådan implementering även bidra till en förbättrad kommunikation mellan lastbilschauffören och terminalarbetarna. Szabo (2024) menar att ett välfungerande informationssystem kan bidra till att minska mänskliga fel. I det aktuella fallet kan sorteringsprocessen förlita sig på ett IT-baserat system, vilket kan reducera risken för felaktig sortering. En implementering av en sådan lösning inom terminalverksamheten skulle möjliggöra en mer noggrann och effektiv lastningsprocess.

Resultatet från studien bör dock främst ses som ett beslutsunderlag vid eventuella investeringar. Studien har analyserat lastningsförberedelsens effekt på lastningsprocessen, men inte inkluderat en ekonomisk bedömning av olika lösningarna. Investeringar i digitala lösningar är ofta förknippade med höga kostnader, vilket innebär att den studerande verksamheten bör utvärdera

dessa aspekter innan ett sådant system implementeras. Även en manuell lastningsförberedelse, där sortering utförs av terminalarbetare kan medföra ett behov av resursomfördelning. Det är dessutom osäkert om verksamheten har tillräcklig arbetskapacitet för att förbereda godset inför varje avgång, vilket kan påverka processens effektivitet. Dessa aspekter bör därför övervägas av verksamheten om en manuell lastningsförberedelse införs.

11.2 Begränsningar och framtida studier

Studien genomfördes inom ramen av en begränsad tidsperiod, vilket har påverkat möjligheten till mer omfattande observationer. Detta innebär att den insamlade data kan vara begränsad i sin representativitet och utesluta variationer. Verksamhetens efterfrågan kan variera över året, vilket innebär att resultaten främst speglar den period då studien genomfördes. För att möjliggöra en mer omfattande utvärdering av lastningsförberedelsens påverkan är det lämpligt att analysera efterfrågan över hela året och genomföra mätningar vid flera tillfällen. Detta skulle bidra till de fördelningarna som genererades från Input Analyzer blir mer tillförlitliga eftersom de baseras på ett mer representativt underlag.

En begränsning i studien är att resultaten baseras på tidsmätningar som genomförts för tre specifika distributionslastbilar. Dessa kan anses representativa för fordon på terminalen som hanterar ungefär motsvarande mängd chassin per avgång. Det bör noteras att resultaten inte nödvändigtvis återspeglar tidsåtgången för distributionslastbilar som hanterar större volymer chassin. Det innebär att studiens resultat främst generaliseras till fordon med liknande kapacitet.

Även om simuleringsmodellen blev relativt enkel har den ändå tillfört betydande värde för analysen. Genom simuleringen har det varit möjligt att identifiera konsekvenser i flödet som sannolikt inte hade framkommit vid en ren analytisk beräkning av genomloppstid. Vid en sådan beräkning skulle den slumpmässiga variationen som oftast uppstår i verkliga processer inte inkluderas, vilket hade påverkat resultatet annorlunda. Simuleringsmodellen har gjort det möjligt att fånga upp den variation som kännetecknar det verkliga systemet och därmed speglar flödet på ett mer realistiskt sätt. Avgränsningar i simuleringsmodellen var nödvändiga eftersom vissa aktiviteter i terminalens process sker efter att godset har lastats. Konsekvensen av denna avgränsning är att modellen inte speglar den totala tid som en distributionslastbil tillbringar på terminalen. För framtida studier kan det därför vara lämpligt att undersöka helheten och inte bara lastningsprocessen. Det innebär att framtida analyser även bör inkludera aktiviteter som genomförs efter lastning, såsom lastkontroll och dokumentation. En utmaning är dock att dokumentationsmomentet är relativt svårt att mäta eftersom tidsåtgången påverkas av tillgängligheten hos terminalens ansvariga vid signering.

En annan begränsning i studien avser formeln som används för att beräkna antalet hanterade chassin. I och med att data över antalet hanterade chassin per distributionslastbil inte fanns tillgänglig antogs det att chassina alltid maximeras. Enligt terminalens kontaktperson är målsättning att alltid minimera antal chassin som skickas genom att uppnå hög fyllnadsgrad på

chassina. Eftersom chassin med olika destinationsorter inte får blandas kan detta leda till avvikelser mellan det beräknade och det faktiska antalet chassin som används. Denna begränsning innebär att studiens resultat fortfarande kan ge en representativ bild av lastningsförberedelsens påverkan, även om de inte nödvändigtvis speglar det exakta antalet chassin som hanteras. För framtida studier skulle det vara värdefullt att observera det faktiska antalet hanterade chassin över en längre tidsperiod. En sådan datainsamling skulle öka representativiteten och tydliggöra lastningsförberedelsens effektivitet.

11.3 Samhälleliga och etiska aspekter

Införandet av en lastningsförberedelse kan effektivisera lastningsprocessen genom att minska den totala genomloppstiden, vilket kan bidra till mer hållbart logistikflöde. Genom effektivare lastningsprocesser kan väntetider reduceras och befintliga resurser utnyttjas på ett mer resurseffektivt sätt. Kortare genomloppstider kan dessutom bidra till färre förseningar i distributionskedjan och möjliggöra ett mer effektivt utnyttjande av befintliga fordon för ytterligare transporter. Genom att lastningsprocesserna effektiviseras kan samma fordonsresurser användas på ett bättre sätt, vilket leder till minskade buller- och utsläppsnivåer eftersom behovet av ytterligare fordon reduceras.

Utöver de samhälleliga fördelarna är det också viktigt överväga de etiska aspekterna vid införandet av en lastningsförberedelse. Vid en manuell lastningsförberedelse, där sorteringsprocessen överförs till terminalarbetare behöver det säkerställas att det inte leder till försämrade arbetsförhållanden i form av ökad arbetsbelastning. För att minska denna risk är det därför mer lämpligt att implementera en automatiserad lastningsförberedelse, vilket eliminerar behovet av manuell sortering och därmed kan minska arbetsbelastningen på personalen. För att en sådan lösning ska kunna implementeras effektivt är det avgörande att personalen har tillräcklig kunskap och utbildning för att kunna använda systemet. Oavsett vilken nivå av lastningsförberedelse som införs är det viktigt att analysera de potentiella effekterna på verksamheten. Varje verksamhet är unik och påverkas i varierande grad av förändringar, vilket innebär att åtgärder bör anpassas efter specifika arbetsförhållanden.

12. Slutsats

I detta kapitel presenteras slutsatserna utifrån studiens syfte och frågeställningar.

12.1 Vad är den nuvarande genomloppstiden för sortering och lastning av en transport?

Analysen visar att den nuvarande genomloppstiden för sortering och lastning av en transport uppgår till 12,86 minuter, vilket motsvarar ungefär 12 minuter och 52 sekunder.

12.2 Hur mycket kan den totala genomloppstiden för godset minska om en lastningsförberedelse införs?

Den totala genomloppstiden för godset påverkas i varierande grad beroende på vilken typ av lastningsförberedelse som implementeras. Vid en manuell lastningsförberedelse observerades en reduktion av den totala genomloppstiden med 1,3 minuter per transport, vilket motsvarar en förbättring på 10,1% jämfört med den nuvarande lastningsprocessen.

Vid en automatiserad lastningsförberedelse minskar den totala genomloppstiden med 8,15 minuter per transport, vilket motsvarar en förbättring på 63,5% jämfört med den nuvarande lastningsprocessen.

12.3 Finns det statistiskt signifikant skillnad mellan nuvarande lastningsprocess och processen med lastningsförberedelsen?

Analysen visar att det föreligger en statistisk signifikant skillnad mellan nuvarande lastningsprocess och processerna med lastningsförberedelserna. Detta baseras på resultaten från det parvisa t-testet, illustrerade i Figur 15 och Figur 16. Resultatet indikerar att skillnaderna mellan scenarierna är statistiskt signifikanta eftersom konfidensintervallen för båda scenarierna inte inkluderar 0. Det innebär att resultatet inte beror på slumpmässiga variationer, utan representerar verkliga effekter på terminalverksamheten.

Referenslista

AGNA Logistik. (u.å). Tjänster.

URL: <https://www.agnalogistik.com/tjaenster>

Birta, L.G. Arbez, G. 2013. Modelling and Simulation. Second Edition. Publisher: Springer London. URL: <https://doi-org.e.bibl.liu.se/10.1007/978-1-4471-2783-3>

Ejvegård, R. 2009. *Vetenskaplig metod*. 4:e uppl. Lund: Studentlitteratur

Casas, P.A. 2023. A Continuous Process for Validation, Verification and Accreditation of Simulation Models. Mathematics. URL: <https://doi.org/10.3390/math11040845>

Dahmström, K. 2011. Från datainsamling till rapport – Att göra en statistisk undersökning. 5:e uppl. Lund: Studentlitteratur.

Fredholm, P. 2013. Logistik och IT: För effektivare varuflöden. 2. uppl. Lund: Studentlitteratur.

Hartman, J. 2001. Grundad teori – Teorigenerering på empirisk grund. 1:a uppl. Lund: Studentlitteratur.

Holme, I.A. Solvang, B.K. 1997. Forskningsmetodik: om kvalitativa och kvantitativa metoder. 2, uppl. Lund: Studentlitteratur.

Jonsson, P. Mattsson, S. 2023. Logistik: läran om effektiva materialflöden. 4:e uppl. Lund: Studentlitteratur.

Jonsson, P. 2008. Logistics and supply chain management. Maidenhead : McGraw-Hill

Kelton, W.D. Sadowski, R.P. & Zupick, N.B. 2015. Simulation with Arena. 6th ed. New York: McGraw- Hill Education.

Kelton, W.D. Zupick, N.B. Ivey, N.J. 2024. Simulation with Arena. 7th ed. New York: McGraw-Hill Education.

Kelly, M.M. Peters, T.M. Farber, J.S. 2024. Secondary Data Analysis: Using existing data to answer new questions. Journal of Pediatric Helathcare. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0891524524000531>

Law, A. 2007. Simulation modeling and analysis. 4:e uppl. Boston: McGraw-Hill.

Law, A. McComas, M. 200. How to build a credible simulation models. Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference. URL:<https://www.informs-sim.org/wsc01papers/004.PDF>

- Olsson, H. Sörensen, S. 2011. *Forskningsprocessen: Kvalitativa och kvantitativa perspektiv*. 3:e uppl. Stockholm: Liber.
- Oskarsson, B. Ekdahl, B. Aronsson, H. 2021. *Modern logistik - för ökad lönsamhet*. 5:e uppl. Stockholm: Liber
- Patel, R. Davidson, B. 2019. *Forskningsmetodikens grunder – Att planera genomföra och rapportera en undersökning*. 5:e uppl. Lund: Studentlitteratur
- Ponte, B. Costas, J. Puche, J. Pino, R. De la Fuente, D. 2018. The value of lead time reduction and stabilization: A comparison between traditional and collaborative supply chains. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554517301199>
- Robinson, S. 2008. *Conceptual Modelling for Simulation Part II: A Framework for Conceptual Modelling*. Journal of the Operational Research Society 2008.
- Rossetti, M.D. 2015. *Simulation Modeling and Arena*. John Wiley & Sons, URL: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/linkoping-ebooks/reader.action?c=RVBVQg&docID=7103866&ppg>
- Sargent, R.G. 2007. *Verification and validation of simulation models*. Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference, IEEE Xplore Digital Library.
- Shanks, G. Darke, P. 1997. *Understanding corporate data models*. 1999 Elsevier Science B.V. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378720698000780>
- Starrin, B. Svensson, P.G. 1994. *Kvalitativ metod och vetenskapsterori*. Lund: Studentlitteratur
- Szabo, K. 2024. Logistics IT support solutions in Zala County. Journal of engineering management and competitiveness. URL: <http://www.tfzr.uns.ac.rs/jemc/files/Vol14No1/V14N12024-05%20Szab%C3%B3.pdf>
- Xu, D. Indulska, M. Someh, I.A. Shanks, G. 2024. Time to reassess data value: The many faces of data in organizations. Journal of Strategic Systems and Information systems. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963868724000453>