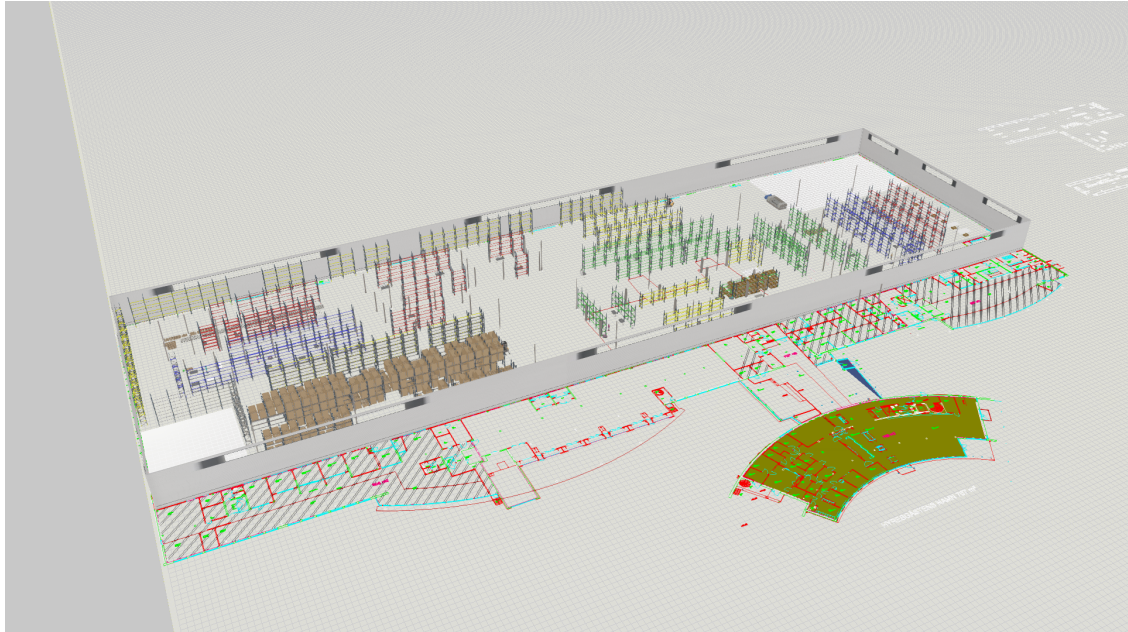




CHALMERS



GÖTEBORGS UNIVERSITET



Platseffektiviserad produktionslayout

genom framställning och optimering av simuleringsmodell för
Aritco Home Lift AB

Examensarbete inom Industri- och Materialvetenskap

Robin Tran
Ossian Jakubov

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
GÖTEBORGS UNIVERSITET
Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE 2025



Platseffektiviserad produktionslayout

genom framställning och optimering av simuleringsmodell för Aritco
Home Lift AB

Robin Tran
Ossian Jakubov



GÖTEBORGS
UNIVERSITET



CHALMERS

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
GÖTEBORGS UNIVERSITET
Göteborg, Sverige 2025

Platseffektiviserad produktionslayout
genom framställning och optimering av simuleringsmodell för Aritco Home Lift AB
Robin Tran
Ossian Jakubov

© Robin Tran, Ossian Jakubov, 2025.

Uppdragsgivare: Aritco Home Lift AB
Handledare på Chalmers Tekniska Högskola: Roland Örtengren
Teknisk handledare på Aritco Home Lift AB: Jonas Furu
Examinator: Björn Johansson, ME

Examensarbete 2025
Institutionen för Industri- och Materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
Göteborgs universitet
SE-412 96 Göteborg
Telephone +46 31 772 1000

Typeset in L^AT_EX
Printed by Chalmers Reproservice
Göteborg, Sverige 2025

Platseffektiviserad produktionslayout
genom framställning och optimering av simuleringsmodell för Aritco Home Lift AB
Robin Tran
Ossian Jakubov
Institutionen för Industri- och Materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
Göteborgs universitet

Sammanfattning

Denna rapport undersöker optimering av en produktionslayout för Aritco Home Lift AB med hjälp av simuleringsbaserade metoder. Det primära målet var att förbättra ytanvändningen och öka produktionseffektiviteten utan att modifiera företagets befintliga maskinpark. Metodiken utgick från Systematic Layout Planning (SLP) och kompletterades med både objektiva mätningar och operatörsintervjuer för att säkerställa ergonomisk och praktisk genomförbarhet. Två teoretiska layoutkoncept utvecklades, utvärderades och jämfördes med hjälp av en standardiserad poängsättningsmetod. En simuleringsmodell konstruerades i Visual Components för att visualisera det valda layoutförslaget samt analysera simulerade resultat genom diskret händelsesimulering (DES). Även om simuleringen inte genererade kvantitativa data på grund av programmets begränsningar i att hantera manuell arbetskraft, resulterade projektet i en yteffektiv layout i linje med Aritcos produktionsmål. Etiska och hållbarhetsrelaterade hänsyn integrerades genom hela processen för att säkerställa att den föreslagna layouten stödjer både produktivitet och operatörers välbefinnande samt framtida automatisering.

Abstract

This thesis investigates the optimization of a production layout for Aritco Home Lift AB using simulation-based methods. The primary objective was to improve space utilization and increase production efficiency without modifying the company's current machinery. The methodology involved systematic layout planning (SLP), supplemented by both objective measurements and operator interviews to ensure ergonomic and practical feasibility. Two theoretical layout concepts were developed, evaluated, and compared through a standardized scoring method. A simulation model was constructed in Visual Components to visualize the chosen layout as well as analyzing simulated results through discrete event simulation (DES). Although the simulation did not yield quantitative data due to the software's limitations in handling manual labor, the project resulted in a spatially efficient layout aligned with Aritco's production goals. Ethical and sustainability considerations were integrated throughout the process to ensure that the proposed layout supports not only productivity but also worker wellbeing and future automation.

Keywords: Simulation, Optimization, Visual Components, Layout Planning, Systematic Layout Planning, 3D-Modelling, Lean Production.

Förord

Examensarbetet har utförts på institutionen för Industri- och Materialvetenskap på Chalmers tekniska högskola 2025.

Vi skulle vilja tacka vår uppdragsgivare Aritco Lift AB för all hjälp och stöd vid utförandet av projektet: Vår kontaktperson på företaget Jonas Furu.

Vi vill även tacka Roland Örtengren, vår handledare på Chalmers tekniska högskola, för all handledning under projektets gång.

Robin Tran,
Ossian Jakobov,
Göteborg, maj 2025

Förkortningslista

AGV	Automated Guided Vehicle
AHL	Aritco Home Lift
ARC	Activity Relationship Chart
DES	Discrete Event Simulation
HTC	Human Transport Controller
MC	Mission Controller
PM	Process Modeling
SLP	Systematic Layout Planning
SSLP	Simplified Systematic Layout Planning
TPS	Toyota Production System
VC	Visual Components

Innehåll

Förkortningslista	ix
Figurer	xiii
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Mål	1
1.4 Avgränsningar	2
2 Metod	3
2.1 Tidsplan och projektets delar	3
2.2 Lean Manufacturing	3
2.3 Systematic Layout Planning	4
2.4 Layoutsimulering	5
2.5 Visual Components	6
2.6 Discrete Event Simulation	6
3 Etik och hållbarhet	7
3.1 Etik	7
3.1.1 Ingenjörsetik	7
3.2 Lean	8
3.3 Hållbar utveckling	8
4 Genomförande	9
4.1 Planering	9
4.2 Resursinsamling	9
4.2.1 Objektiv datainsamling	9
4.2.2 Subjektiv datainsamling	10
4.3 Simplified Systematic Layout Planning	12
4.3.1 Relationsdiagram och utrymmeskrav	12
4.3.2 Kopplingsdiagram och layoutkoncept	15
4.3.3 Evaluering och beräkningsgång	18
4.4 Utveckling av simuleringsmodellen	20
5 Resultat	25
5.1 Undersökning	25

5.1.1	Fältstudiedata	25
5.1.2	Beräkningsresultat	26
5.2	Design	28
5.3	Simuleringsmodell	29
5.3.1	Simuleringsdata	30
6	Diskussion	33
6.1	Reflektion på arbetet	33
6.2	Etik och Hållbarhet	34
6.3	Framtida arbete	35
6.3.1	Simulering	35
6.3.2	Mätvärden	35
6.3.3	Automatisering	35
7	Slutsats	37
	Bibliography	39

Figurer

2.1	Gantt-schema, planlagd tidsplan över projektets gång	3
2.2	Exempel på ett ifyllt relationsdiagram	5
4.1	Frågeformulär från fältstudie	11
4.2	Relationsdiagram för AHL	14
4.3	Kopplingsdiagram för samtliga produktionsavdelningar	16
4.4	Framtagna layoutskisser. Övre ritning: Layoutkoncept 1. Nedre ritning: Layoutkoncept 2	17
4.5	Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 1 med avseende på Stativ - Compact	20
4.6	Planritning av Aritcos produktion och lokal	21
4.7	Första utkastet av simuleringsmodellen	22
4.8	Korrigerat utkast av simuleringsmodellen	23
4.9	Definierad körväg av operatör i stativ arbetsblocket	24
5.1	Fältstudieresultat - Synpunkter kring fabriken materialflöde	26
5.2	Slutgiltig layoutdesign till simuleringsmodell	28
5.3	Simuleringsmodell på Aritcos framtida produktion	29
5.4	Översikt över processflödet i AHL dörrproduktion	30
5.5	Kopplingar mellan stationer och operatörer via <i>Process Flow Editor</i>	30
5.6	Koppling mellan Operatör och HTC	31
5.7	Inmatade produktionsdata för en arbetsstation och buffert. Övre bild: Buffertplats. Nedre bild: Produktionsdata i arbetsstation	32
7.1	Relationsdiagram för Stativ - Compact	42
7.2	Relationsdiagram för Dörr/Korg - Compact	43
7.3	Relationsdiagram för Stativ - A1	44
7.4	Relationsdiagram för Dörr/Korg - A1	45
7.5	Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 1 med avseende på Dörr/Korg - Compact	46
7.6	Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 1 med avseende på Stativ - A1	47
7.7	Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 1 med avseende på Dörr/Korg - A1	48
7.8	Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 1 med avseende på AHL	49

7.9	Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 2 med avseende på Stativ - Compact	50
7.10	Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 2 med avseende på Dörr/Korg - Compact	51
7.11	Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 2 med avseende på Stativ - A1	52
7.12	Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 2 med avseende på Dörr/Korg - A1	53
7.13	Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 2 med avseende på AHL	54
7.14	Sammanställningstabell från fälstudieresultat	55

1

Inledning

I detta kapitel presenteras bakgrund och syfte för projektet samt dess mål och avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Aritco Lift AB är en svensk hisstillverkare med sin fabrik belägen i Järfälla, norr om Stockholm [1]. Företaget tillverkar plattformshissar som används i både allmänna miljöer och privata hem. Projektgruppen har tagit kontakt med Aritco för att hitta förbättringsområden i produktionens nuvarande utförandeform. I dagsläget befinner sig Aritcos produktion på en takt av 3000 hissar per år, vilket motsvarar en cykeltid omkring 30 minuter per hiss. Med kunder över hela världen och hög efterfrågan behövs en högre produktionstakt. Aritco har uppskattat att stora tidsförluster förekommer i form av onödig transport samt väntetid på maskiner.

1.2 Syfte

Aritco har som mål att öka sin produktionstakt genom en minimering av ovan nämnda tidsförluster. Företaget har även ambitioner om en mer modulariserad produktion, där olika hissmodeller består av många gemensamma komponenter och därmed kan tillverkas i en gemensam produktionslina. Projektgruppens uppdrag är att hjälpa företaget hitta sätt att bättre nyttja fabriksytan för en mer effektiv produktion. Uppdraget ska utföras genom att skapa en ny teoretisk fabrikslayout för Aritco som förhåller sig till de önskemål som företaget har om framtidens produktion. En digital modell av den nya layouten ska vara åtkomlig i simuleringsmjukvara, och dess förhöjda produktionstakt ska påvisas.

1.3 Mål

Det primära målet för projektet är att hjälpa Aritco Lift AB ta fram en produktionslayout som i många aspekter är mer effektiv än den nuvarande. Layouten ska ta hänsyn till nuvarande hissmodeller som Aritco tillverkar, men ska inte heller undvika modularisering, vilket sparar utrymme. Huvudsakligt fokus ligger på simuleringsmodellen, som ska användas för att påvisa de förbättringar som åstadkoms genom ändringar i layouten.

1.4 Avgränsningar

Projektet har en potentiellt omfattande karaktär, vilket kan innebära betydande krav på både tid och resurser. För att säkerställa en fokuserad och genomförbar studie fastställs därför relevanta begränsningar till projektet:

- Endast data som har inverkan på produktionstakten skall behandlas.
- Layouten optimeras utifrån nuvarande produkter som företaget tillverkar.
- Layouten anpassas efter de maskiner och resurser företaget erhåller i dagsläget.
- Projektet kommer inte omfatta en Digital Twin.
- Data för takttider i produktionen är givna och kommer därmed inte kräva en ytterligare undersökning.
- Simuleringsmodellen och dess resultat kommer endast omfatta den nya layouten.

2

Metod

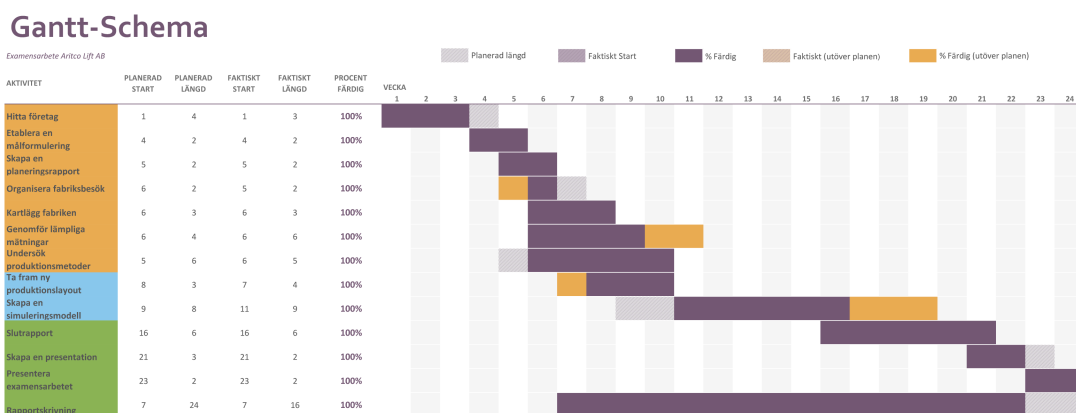
I detta kapitel presenteras tillvägagångssättet för projektet.

2.1 Tidsplan och projektets delar

Projektet har delats upp i 3 arbetsfaser:

1. Planering av arbetet.
2. Resursinsamling och planering för simuleringsmodell
3. Genomförande och fortsatt modifiering av simuleringsmodell

Faserna ovan har använts som grund för projektets planering. Projektarbetet inleds officiellt den 9 januari, vilket motsvarar vecka 2 i tidplanen. Arbetet förväntas vara färdigställt vecka 24.



Figur 2.1: Gantt-schema, planlagd tidsplan över projektets gång

2.2 Lean Manufacturing

Lean manufacturing, eller *lean production*, avser ett företags strävan efter en maximal produktivitet via minimering av slöseri. Lean-filosofin anses i stora drag ha grundats av Toyota under företagets utveckling mot en mer resurseffektiv produktion. Biltillverkaren framställde en tankemodell som delar in slöseri i sju underkategorier, med målet att öka tillfredsställelsen hos kunder. Toyota Production System (TPS) definierar slöseri som all aktivitet som varken drar processen närmare färdigställandet av produkten eller tillsätter något värde på den slutgiltiga

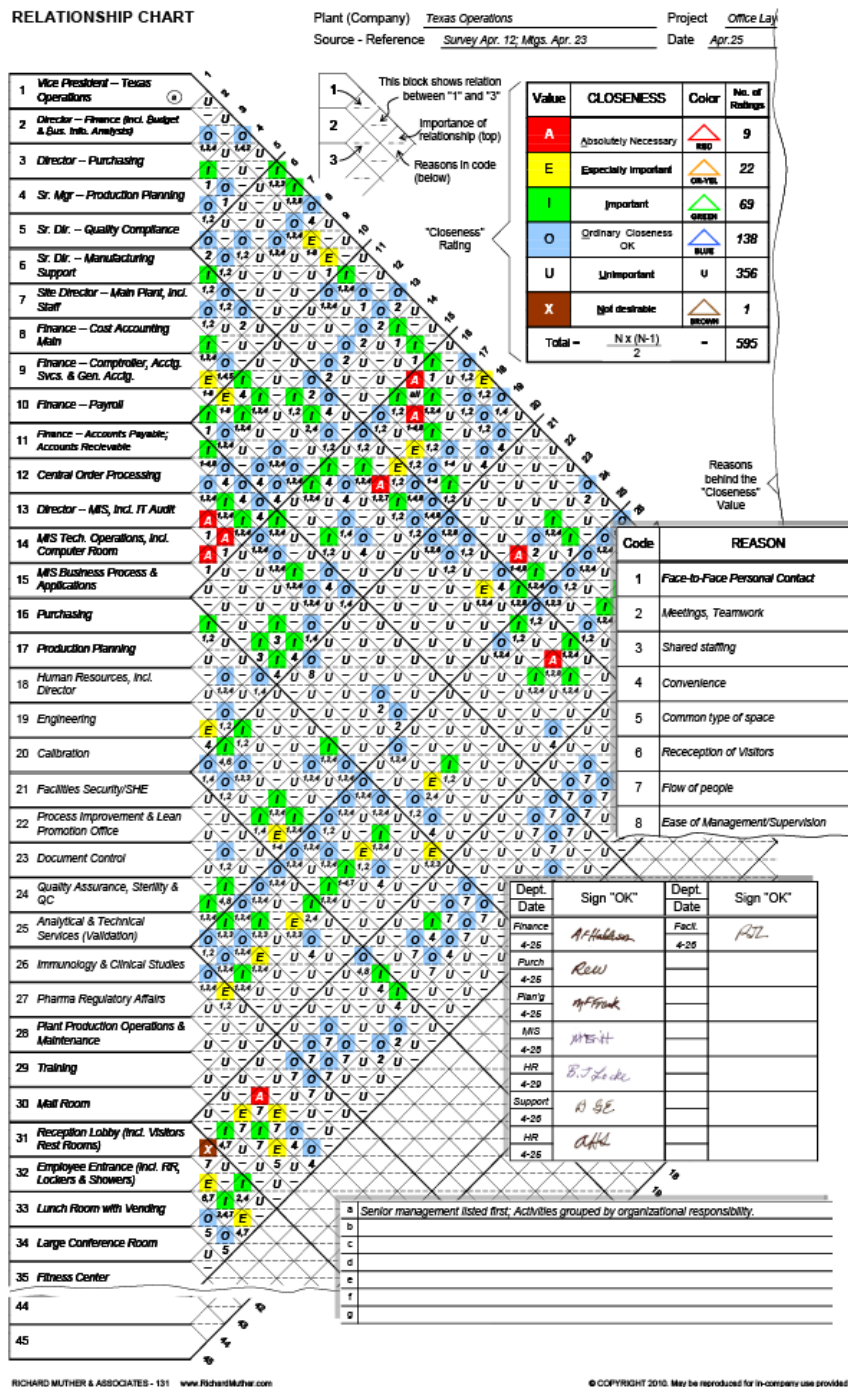
produkten. Exempel på dessa former av slöseri är transport och lagerhållning [2]. Implementeringen av Lean-tankesätt i verkliga produktionssystem är inte menad att vara engångsinvestering, utan genomförs iterativt för att kontinuerligt sträva efter fortsatt eliminering av slöseri.

2.3 Systematic Layout Planning

Systematic Layout Planning (SLP), är ett stegindelad tillvägagångssätt som utvecklades av ingenjören Richard Muther för att systematisera en metodik som tidigare hade genomförts mer på ett jämförelsevis spontant sätt [3]. SLP bryter ner layoutplanering i ett flertal subrutiner och faser som tillsammans underlättar beslutsfattande om layouter. En något förenklad version av SLP, så kallad Simplified Systematic Layout Planning, kan användas, där den större skillnaden mellan SLP och dess förenklade motsvarighet är robustheten och detaljnivån. SLP består av fyra långa faser som i sin tur består av ett flertal delprocesser och inmatade parametrar. Den simplifierade versionen är mer sammandragen, med sex konkreta steg som leder till valet av en produktionslayout. Dessa steg beskrivs kortfattat nedan.

1. **Formatera relationsdiagram:** Värdesätt relationen mellan alla operationer för att uppskatta hur nära de bör vara till varandra. I figur 2.2 syns ett ifyllt relationsdiagram.
2. **Etablera utrymmeskrav:** För en dialog med företaget och gör egna mätningar för att uppskatta hur stor yta som behövs för olika syften.
3. **Rita kopplingsdiagram:** Använd de viktade relationerna i steg 1 för att illustrera ett kopplingsdiagram som visuellt hjälpmedel för att skapa layoutkoncept.
4. **Skissa layoutkoncept:** Skissa minst två teoretiska layouter som är baserade på data insamlad från alla föregående steg.
5. **Evaluera layoutkoncept:** Använd standardiserade beräkningsgångar för att numeriskt värdesätta layoutskisserna.
6. **Val av produktionslayout:** Med beräkningar såväl som intuition som grund, välj en av layoutskisserna som slutgiltigt koncept för att gå vidare till simulering.

En mer detaljerad genomgång av layoutplaneringen i projektet beskrivs i ett senare kapitel av rapporten.



Figur 2.2: Exempel på ett ifyllt relationsdiagram

2.4 Layoutsimulering

Teknologiska framsteg leder till en ökad användning av simuleringar för diverse syften. Den globala ekonomins utveckling leder till att planeringscykler blir kortare, vilket gynnar aktörer som effektivt nyttjar simuleringssmjukvara. Simulering har visat

sig vara ett värdefullt verktyg i planeringsfasen för fabriker. I produktionssammanhang kan simuleringsmodeller användas som ett virtuellt testfält där modifieringar provas och deras resultat dokumenteras. Detta tillvägagångssätt är till stor fördel för verksamheter som överväger att göra ändringar i sin produktion men som inte vet om ändringarna i fråga är gynnsamma för företagets produktivitet [4]. I dagsläget är *Digital Twin* ett mycket attraktivt koncept för företag, där idén går ut på att bygga en simuleringsmodell som alltid är perfekt synkroniserad med den verkliga fabriken, för att se väsentliga parametrar, som cykeltider, haveri eller transporttider, i realtid [5]. Tvillingens syfte är att agera som en så välgrundad datakälla som möjligt för att underlätta optimering av produktionssystem.

2.5 Visual Components

Visual Components Manufacturing Simulation är ett datorprogram utvecklat av det finska företaget Visual Components Oy [6]. Mjukvarans syfte är att simulera fabriksmiljöer och att samla in data under tiden som simuleringen körs. Programmet tillåter import av både ritningar och CAD-filer för att göra simuleringsmodellen till en verklighetstrogen representation av fabriken [7]. Processmodelleringsfunktionen möjliggör visualisering av material- och arbetsflöden, vilket gör att processer är lätta att följa i simuleringsmodellen.

2.6 Discrete Event Simulation

Discrete Event Simulation (DES), är en simuleringsmetod med målet att realistiskt återskapa ett verkligt system i en digital miljö [8]. DES går ut på simuleringen av separata *event*, det vill säga diskreta ändringar i ett systems tillstånd. Exempel på event i sammanhanget av detta projekt är påbörjandet eller avslutandet av en operation, tillkomsten av material eller att en station blir ledig. Att event är diskreta innebär att de sinsemellan är oberoende. Till skillnad från kontinuerliga simuleringar, där systemets tillstånd uppdateras löpande, sker förändringar i en DES-modell endast vid dessa distinkta händelser. Metoden är särskilt väl lämpad för produktionsmiljöer med diskreta moment, såsom bearbetning, montering, transporter och buffring.

3

Etik och hållbarhet

Detta kapitel behandlar projektets etiska överväganden, formulerade frågeställningar samt simuleringsmodellens bidrag till hållbar utveckling.

3.1 Etik

Etiska överväganden utgör en central del i ingenjörsmässiga projekt, särskilt då tekniska lösningar påverkar människor, arbetsmiljöer och samhällsstrukturer. I detta projekt, som behandlar layoutoptimering och simulering inom en industriell kontext, aktualiseras frågor om både fysisk arbetsmiljö och hur tekniska beslut kan bidra till eller motverka långsiktig hållbarhet för såväl människor som system.

Följande avsnitt behandlar etiken ur två kompletterande perspektiv: dels det professionella ansvar som följer med ingenjörrollen, och dels de implikationer som följer av att tillämpa Lean-filosofi i produktionsmiljöer där människor verkar.

3.1.1 Ingenjörsetik

Ingenjörssyrket medför ett ansvar att utveckla tekniska lösningar som används för samhällets och mänsklighetens bästa [9]. Då detta projekt behandlar effektivisering av ett produktionssystem med mänskliga arbetare behöver systemet betraktas ur ett hållbarhetsperspektiv. Miljön som framtagna layoutkoncept avbildar bör alltså inte på något sätt vara skadlig för människorna på arbetsplatsen. En avgränsning till detta var det inledande antagandet att fabriken befintliga utrustning inte ska ersättas, utan endast flyttas. Konsekvensen av ett sådant beslut är att verktyg som i dagsläget utgör skada inte kan åtgärdas på andra sätt än att flyttas längre från omgivande operatörer.

För att ta hänsyn till dessa etiska aspekter har både objektiva och subjektiva dattainsamlingsmetoder använts. Genom att inkludera operatörernas perspektiv i form av intervjuer och enkäter kunde projektgruppen identifiera faktorer som inte enbart påverkar flödeseffektivitet, utan även säkerhet och fysisk belastning. Det etiska ansvaret som ingenjör innefattar därmed inte enbart teknisk optimering, utan även att skapa förutsättningar för en långsiktigt hållbar och mänskligt anpassad arbetsmiljö.

3.2 Lean

Lean production har tidigare diskuterats i projektets metodkapitel, men en djupare inblick i filosofins samband med arbetarhälsa och ingenjörsetik är väsentligt för projektets genomförande. Studier visar att implementeringen av lean-principer kan medföra ökad arbetsintensitet, reducerad individuell kontroll och högre förekomst av belastningsskador och psykosocial stress om systemet tillämpas utan hänsyn till operatörernas arbetsvillkor [10]. Inom *Lean production* definieras slöseri som all aktivitet vars genomförande inte skapar värde för kunden. Samlingstermen representeras i bland annat väntetid, onödiga transporter och lagerhållning. I verkliga arbetsmiljöer uppmärksammas även slöseri i form av arbetsrelaterade skador, frånvaro och nedsatt arbetshälsa. Implementeringen av lean-metodik kan alltså försämra materialflödet i en fabriksmiljö, vilket i sin tur strider mot Lean-filosofins huvudsakliga värderingar.

För att Lean ska vara hållbart måste det därmed implementeras på ett sätt som aktivt minimerar risker för arbetsskador. Ett system där personalens hälsa försämras leder inte bara till mänskligt lidande, utan även till bortfall av kompetens, ökad ersättningskostnad och störningar i produktionsflödet – vilket gör det till ett strukturellt slöseri i Lean-logikens mening.

3.3 Hållbar utveckling

Användningen av simuleringsmodeller inom industriell layoutplanering bidrar direkt till hållbar utveckling i relation till både ekonomisk samt ekologisk hållbarhet. Genom att i en virtuell miljö testa olika layoutalternativ kan företag identifiera effektiva lösningar utan att fysiskt omorganisera produktionsresurser [5]. Detta eliminerar behovet av tidskrävande och resursintensiva justeringar i den verkliga fabriken.

Simulering möjliggör dessutom identifiering av flaskhalsar, onödiga förflyttningar och suboptimerade flöden innan de förverkligas, vilket inte bara minskar material- och energiförbrukning, utan även reducerar störningar i den löpande produktionen. På så sätt stödjer simuleringsbaserad layoututveckling en mer resurssnål och klimatvänlig beslutsprocess.

Utöver de miljömässiga fördelarna innebär denna metod ett mer ansvarstagande nyttjande av företagets ekonomiska och mänskliga resurser. Genom att testa scenarier i en digital miljö snarare än i verkligheten kan ledningen fatta mer informerade beslut med lägre risk, i linje med principerna för hållbar industriell utveckling enligt Agenda 2030 [11].

4

Genomförande

I detta kapitel beskrivs genomförandet av projektet, från planeringsfasen till skapandet och körningen av simuleringsmodellen.

4.1 Planering

Arbetet inleddes med ett initialt planeringsmöte med Aritco, där projektets mål och syfte diskuterades och fastställdes. Företaget nämnde sitt önskemål att minimera tidsförluster i form av transport och materialhantering, vilket ledde till idén att nyttja digital simulering för att optimera en fabrikslayout. Beslutet togs att en SSLP ska genomföras för att hitta en gynnsam fabrikslayout för Aritcos nuvarande och framtida verksamhet. Gruppen är bekant med layoutplanering då det har nyttjats i kursen IMS020 *Simulering och Visualisering av Produktionssystem*. Samma kurs har gett gruppen erfarenhet i två simuleringsprogram: Tecnomatix Plant Simulation och Visual Components. Den ursprungliga idén var att använda Tecnomatix, men avsaknaden av en premiumlicens till programmet ledde gruppen till att istället använda Visual Components till projektet.

4.2 Resursinsamling

För att ha en stadig grund att utveckla projektet på så behövdes väsentlig data om företagets verksamhet. Resursinsamlingen har delats in i två kategorier: objektiv resursinsamling och subjektiv resursinsamling. Syftet med indelningen är att kunna skilja på sättet som olika data har framtagits. Objektiv data är information som har samlats via verifierbara metoder, som fysiska mätningar eller annan direkt observation av processer. Subjektiv data syftar på data som är sammanställd från individuella åsikter och uppgifter. Båda dataformer beskrivs i detta kapitel.

4.2.1 Objektiv datainsamling

Projektgruppens första besök hos Aritco fokuserade primärt på objektiva mätningar för att skapa en grundläggande förståelse för fabriken materialflöde. Företaget hade redan delgett ungefärliga värden på processernas cykeltider samt en ritning av den aktuella produktionslayouten. Verifiering och komplettering av denna information gjordes genom en så kallad *line walk* [12], där gruppen följde materialets väg genom fabriken. Under denna *line walk* dokumenterades detaljer i produktionens flöde manuellt i ett anteckningsblock. Ett exempel på en sådan detalj var glasdörrarna, vilka

enligt konstruktionen 'click-in'-mekanism, men som i praktiken behövde slås in med kraft, vilket förlängde cykeltiden gentemot vad som hade planerats. Under det andra besöket i Aritcos fabrik gjordes mer fokuserade mätningar av avstånd och dimensioner. Ett väsentligt mått var avstånden mellan alla stationära element, exempelvis bärande pelare, traverser och lagerautomater. Dessa avstånd är viktiga för att göra simuleringsmodellen verklighetstrogen samt se till att inte göra förflyttningar som inte går att applicera i verkligheten. Exempel på andra mätningar var dimensioner på fabriken's olika stationer och tiden det tar för operatörer att plocka upp eller lägga ner material som bearbetas. Annan objektiv indata som tillhandahölls gruppen var stationers ungefärliga cykeltider, som skickades direkt från Aritco till gruppen via E-mail.

4.2.2 Subjektiv datainsamling

Insamling av subjektiv data skedde under hela projektets gång, där kommentarer från chefer och operatörer noterades och observerades under arbetets genomförande. En anledning till att subjektiv data varierar mycket beroende på källa är att produktionen är indelad i olika avdelningar, där arbetare enbart utför operationer inom sin egen avdelning. Under gruppens andra besök i fabriken genomfördes en strukturerad fältstudie, där samma uppsättning av frågor ställdes till samtliga intervjuade operatörer. Syftet med fältstudien var att samla avdelningsöverskridande data om materialflödet och arbetsmiljön. Ett frågeformulär (4.1) framställdes med fokus på frågor som är relevanta för projektets genomförande. Tolv arbetare intervjuades under fältstudien - fyra personer per avdelning som undersöktes. Varje avdelnings respektive gruppchef intervjuades som en del av fältstudien. För de resterande tre arbetarna per avdelning siktade projektgruppen på en bred spridning i antalet år arbetade på Aritco. Svaren på frågeformuläret sammanställdes och användes som grund för ändringar i simuleringsmodellen.

Fältstudie - Anteckningar

Avdelning: _____

1. Hur länge har du jobbat på Aritco?

2. Vilken operation tar längst tid?

3. Behöver du ofta gå onödigt långa avstånd mellan operationer?

a. Vad är det längsta avståndet du behöver gå?

4. Är dina material eller verktyg lätta att nå när du behöver dem?

a. Om inte, varför?

5. Behöver du ofta vänta på att en annan operation ska vara klar?

a. Om ja, vilken?

6. Vilken/vilka operationer uppfattar du som farliga?

7. Är någon operation högljudd/störande?

a. Om ja, vilken?

8. Har du något förslag på en förändring i layouten som kan underlätta arbetet?

Figur 4.1: Frågeformulär från fältstudie

4.3 Simplified Systematic Layout Planning

Layoutplaneringen gjorde upp en avsevärt stor del av projektets genomförande. Planeringen utfördes enligt stegen beskrivna i rapportens metodkapitel.

4.3.1 Relationsdiagram och utrymmeskrav

Eftersom Aritco tillverkar tre olika hissmodeller – Compact, A1 och AHL – krävdes fem separata relationsdiagram för att korrekt spegla produktionsflödena. Modeller-na Compact och A1 är vardera uppdelade i två produktionssektioner: *Stativ* samt *Dörr/Korg*, vilket medförde att varje sektion behövde analyseras individuellt. Den tredje modellen, AHL, hanteras som en sammanhållen enhet. Därmed skapades följande relationsdiagram:

- Stativ - Compact (figur 7.1)
- Dörr/Korg - Compact (figur 7.2)
- Stativ - A1 (figur 7.3)
- Dörr/Korg - A1 (figur 7.4)
- AHL (figur 4.2)

Relationerna mellan alla operationer värdesattes baserat både på information given från gruppens kontaktperson hos Aritco såväl som egna antaganden om materialflödet i fabriken. Gruppen identifierade sex olika anledningar till att relationer blev tilldelade sina betyg. Dessa anges nedan:

1. **Materialflöde** avser det fysiska flödet av material mellan operationer. Syftet är att minimera transportavstånd för att spara på tid och andra resurser.
2. **Gemensamt material eller verktyg** avser olika operationer och stationer som har delar på samma material eller verktyg. Syftet är att undvika dubletter av verktyg eller annan utrustning.
3. **Arbetsflöde** avser den sekventiella ordningen och det praktiska samspelet mellan operatörer och stationer. Syftet är att underlätta koordination och minska väntetider.
4. **Störande miljö** avser operationer som skapar störande moment för omgivning på grund av exempelvis höga ljud. Syftet är att minimera störningsmoment för omgivande operatörer.
5. **Säkerhet** avser operationer som orsakar ökad skaderisk för omgivande operatörer. Syftet är att öka den generella tryggheten i fabriksmiljön.
6. **Gemensam operatör** avser olika operationer och stationer som har delar på samma operatör. Syftet är att minimera operatörers förflyttningssträckor mellan stationer.

Efter att resonemang hade bestämts följdes den betygsättningskala som hade bestämts av Richard Muther vid framtagandet av metodiken tillhörande SLP [3]. Betygen och deras innebörd visas i tabell 4.1. Betygsättningen var baserad på tidigare nämnd objektiv samt subjektiv data. Utrymmeskraven för projektet och layouten be-

stämdes uteslutande enligt direktiv från Aritco. Exempel på sådana utrymmeskrav var den givna fabriksytan i planritningar och önskemål om att flytta specifika avdelningar utanför arbetsytan. Avslutningsvis upplystes gruppen om att företaget planerade att hyra ytterligare 4400 kvadratmeter lageryta i en intilliggande lokal samt planen att införskaffa en lacklina i fabriken.

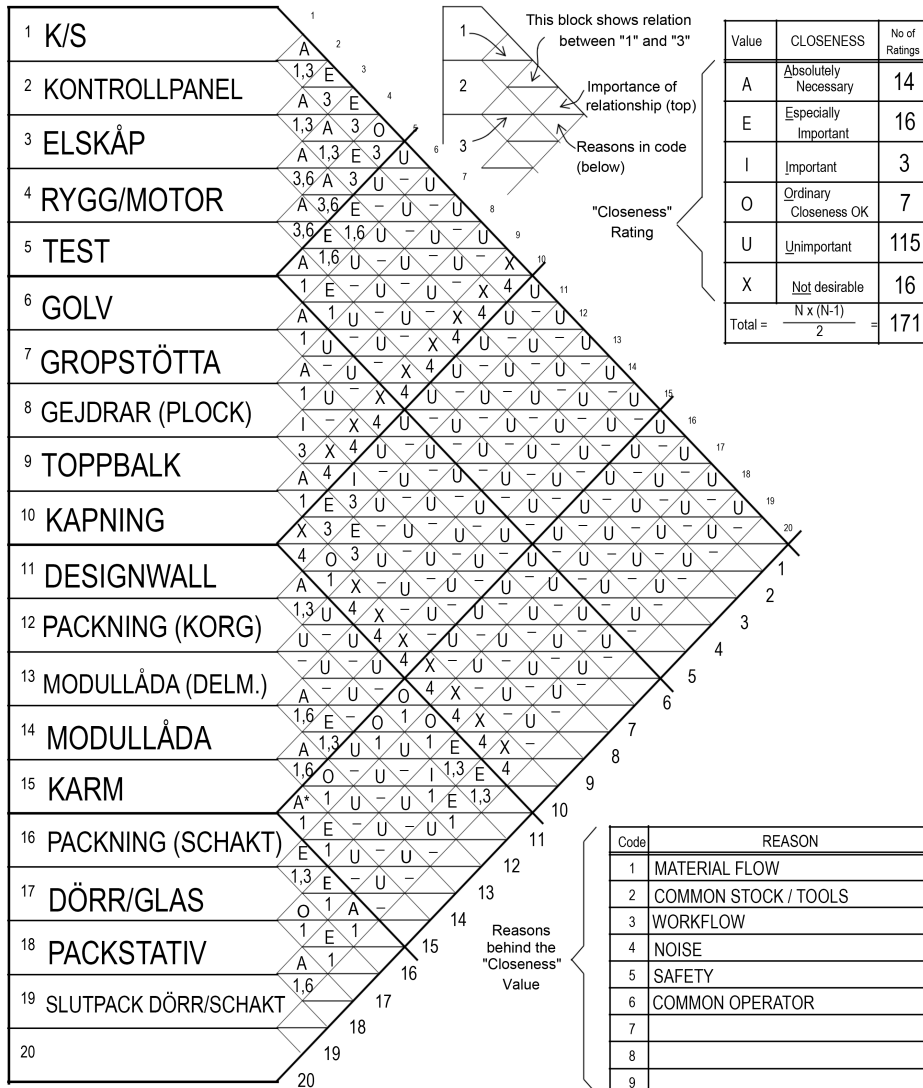
Tabell 4.1: Betygsskala enligt standard inom SLP

Betyg	Innebörd
A	Absolutely Necessary
E	Especially Important
I	Important
O	Ordinary Closeness OK
U	Unimportant
X	Undesirable

4. Genomförande

RELATIONSHIP CHART

Plant (Company) Aritco Home Lift AB Project Produktion Aritco
 Charted by Robin Tran & Ossian Jakobov With _____
 Date 2025-02-24 Sheet 5 of 5
 Reference Produktion AHL



RICHARD MUTHER & ASSOCIATES - 130

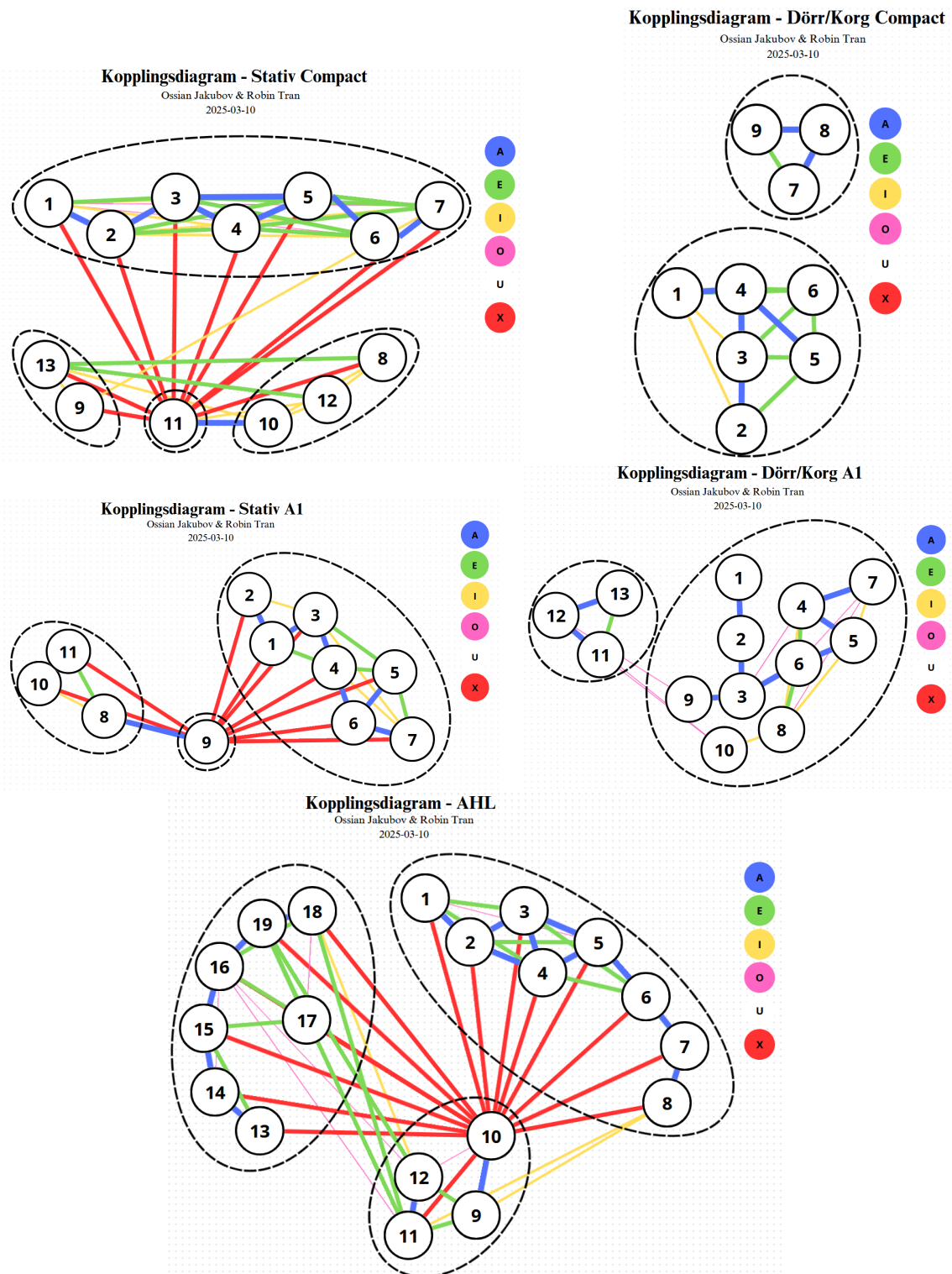
Figur 4.2: Relationsdiagram för AHL

4.3.2 Kopplingsdiagram och layoutkoncept

Då kopplingsdiagrammen (figur 4.3) var strikt baserade på relationsdiagrammen så skapades fem sådana. Kopplingsdiagrammen skapades genom att illustrera en ”bubbla” för varje individuell station och därefter koppla samman alla stationer med färger som matchar betygen som bestämdes i relationsdiagrammet. De olika relevansnivåerna kategoriserades enligt följande färger:

- Blå - A (Absolutely Necessary)
- Grön - E (Especially Important)
- Gul - I (Important)
- Rosa - O (Ordinary Closeness OK)
- Vit - U (Unimportant)
- Röd - X (Undesirable)

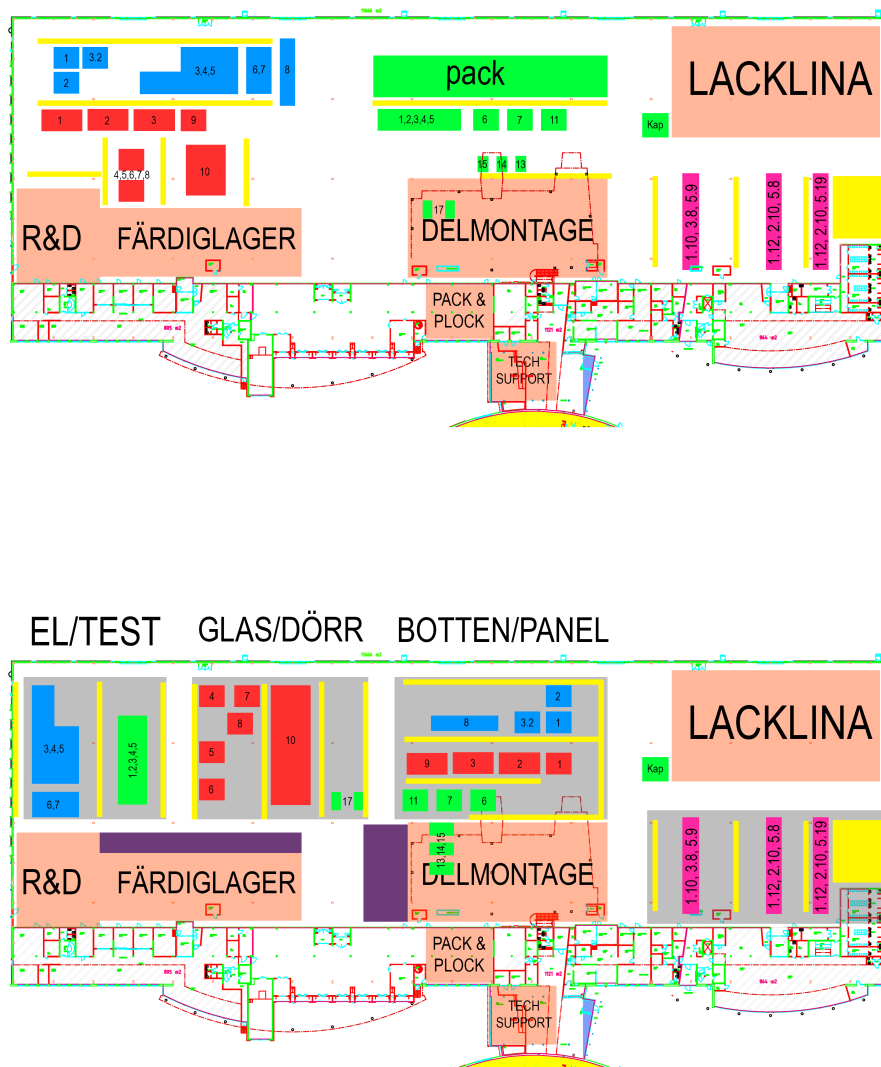
Dessa kopplingar tilldelades också varierande tjocklekar i relation till färg, detta för att synliggöra de relationer som projektgruppen ansett vara viktigast. De tjockaste kopplingarna i diagrammen var av typen *A (Absolutely Necessary)* och *X (Undesired)*, därefter minskade tjockleken i fallande skala till *O (Ordinary Closeness OK)*. Relationer med betyget *U (Unimportant)*, har inte inkluderats i diagrammen. I vardera kopplingsdiagram gjordes interna grupperingar, där stationer med högt betygsatta relationer sinsemellan ringades in tillsammans. Stationer som hade röda kopplingar till sin omgivning placerades individuellt i en egen grupp. Syftet med grupperingen var att underlätta skapandet av projektgruppens layoutskisser.



Figur 4.3: Kopplingsdiagram för samtliga produktionsavdelningar

Kopplingsdiagrammen gav upphov till de initiala layoutskisserna (figur 4.4), där de inringade grupperingarna betraktades som enskilda segment i produktionslayouten. Andra faktorer som påverkade layoutkoncepten var diskussioner om Aritcos planer för den framtida produktionen. Ett exempel på sådan faktor var planen att investera

i en egen lacklina.



Figur 4.4: Framtagna layoutskisser. Övre ritning: Layoutkoncept 1. Nedre ritning: Layoutkoncept 2

Det första layoutkonceptet hade många likheter till den aktuella produktionslayouten hos Aritco. Produktionen var indelad i samma avdelningar (*Stativ, Dörr/Korg, AHL*) där de största ändringarna var en central packstation och ett korttidslager i nedre högra hörnet. Layoutskiss 2 tog stora steg från grundkonceptet, med grundtanken att stationer istället är ordnade efter likartade processer. Ett exempel är operationen glasmontage, som i den nuvarande produktionen förekommer i avdelningarna *Dörr/Korg* och *AHL*. I layoutskiss 2 har glasmontage placerats på en plats

istället för att vara utspritt i fabriken. Båda layoutskisser har utvecklats med antagandet att den tidigare nämnda vänstra extraytan används till långtidslager samt att följande avdelningar bibehåller sin aktuella position: R&D (forskning och utveckling), färdigvarulager, delmontage, pack & plock och tech support. Dessa avdelningar förblev orörda enligt instruktioner från företaget.

4.3.3 Evaluering och beräkningsgång

Det slutgiltiga steget i layoutplaneringen var att via en noggrann jämförelse av layoutkoncepten välja den som är mest lämplig för fortsättningen av projektet. Ett av sätten som layoutskisserna jämfördes på var en beräkningsgång som hör till metodiken inom SLP. Utöver kalkyl hölls även en diskussion med Aritco beträffande möjligheten att genomföra de ändringar som layoutskisserna föreslog. Det första layoutkonceptet bedömdes av Aritco som mer bekant samt lättare att förverkliga i den riktiga fabriken. Under kalkyl gjordes mätningar i layoutkonceptens ritningar för att poängsätta skisserna. Poängsättningen gjordes enligt ekvation 4.1.

$$P = L \cdot B_{relation} \quad (4.1)$$

där L är sträckan mellan två stationer i layoutskissen och $B_{relation}$ är ett värde baserat på betyget som relationen i fråga fick under framtagning av relationsdiagrammet (A, E, I, O, U). Värdet P beskriver antalet poäng som ritningen har fått med avseende på den specificerade relationen. Denna beräkningsgång används för alla relationer förutom X (*Undesired*), som beskrivs i detalj längre fram. Värdet som variabeln $B_{relation}$ antar varierar enligt tabell 4.2.

Tabell 4.2: Värdet på variabeln $B_{relation}$ beroende på tidigare bestämt relationsbetyg

Betyg enligt relationsdiagram	$B_{relation}$
A (Absolutely Necessary)	100
E (Especially Important)	50
I (Important)	20
O (Ordinary Closeness OK)	5
U (Unimportant)	0

För relationer som tilldelades betyget X (*Undesirable*) bestämdes ett minimiavstånd på 500 centimeter. Minimiiavståndet behandlades som en standard att följa för att avgöra om en layout är effektiv med avseende på stationer som önskas vara långt från varandra. Ekvation 4.2 beskriver poängsättningen i dessa fall.

$$P = -50 \cdot (L - 500) \quad (4.2)$$

Varje relationsdiagram representerar ett unikt produktionsavsnitt med sina specifika krav på närhet mellan operationer, vilket medför att en layout som är optimal för ett diagram inte nödvändigtvis är det för ett annat. Ekvationerna 4.1 och 4.2 följdes konsekvent vid poängbestämning för layoutkoncept 1 och 2. Då projektet omfattar fem separata relationsdiagram (exempel i figur 4.2, resterande i Bilagor) beräknades en individuell poängsumma för varje layoutkoncept utifrån varje enskilt diagram. Beräkningarna gjordes i ett kalkylark i webbapplikationen *Google Sheets*, ett exempel på sådant kalkylark visas i 4.5, med resterande synliga i Bilagor. Därmed erhöles fem poängsummor per layoutkoncept, var och en representerande hur väl respektive layout överensstämmer med de prioriterade relationerna i ett specifikt produktionsavdelning. Skillnaderna i poäng speglar hur väl det aktuella konceptet respekterar respektive delflödes unika behov av närhet mellan operationer, där en lägre poängsumma indikerar en lämpligare layout för avdelningen i fråga. Poängsummorna används i sin tur för att skapa en uppfattning av vilka produktionsavdelningar som gynnas mest av respektive layoutkoncept samt för att gå till beslut om vilken layout som används till simuleringsmodellen.

Compact Stativ								
RELATION	A	E	I	O	X (min. avstånd = 500)		A	100
1-2	8						E	50
2-3	140						I	20
3-4	10						O	5
3-5	10						X	-50
4-5	10							
5-6	20							
6-7	0							
10-11	85							
1-3		140						
2-4		230						
2-5		230						
3-6		150						
4-6		20						
3-7		150						
4-7		20						
5-7		20						
8-13		175						
12-13		395						
1-4			230					
1-5			230					
2-6			380					
2-7			380					
7-9			230					
8-10			900					
8-12			1080					
10-12			150					
11-12			235					
9-13			10					
10-13			400					
1-6				375				
1-7				375				
1-11						770		
2-11						770		
3-11						710		
4-11						415		
5-11						410		
6-11						335		
7-11						335		
8-11						280		
9-11						-415		
11-13						-415		
SUMMA	28300	76500	84500	3750		-159750		
TOTALT BETYG	33300							

Figur 4.5: Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 1 med avseende på Stativ - Compact

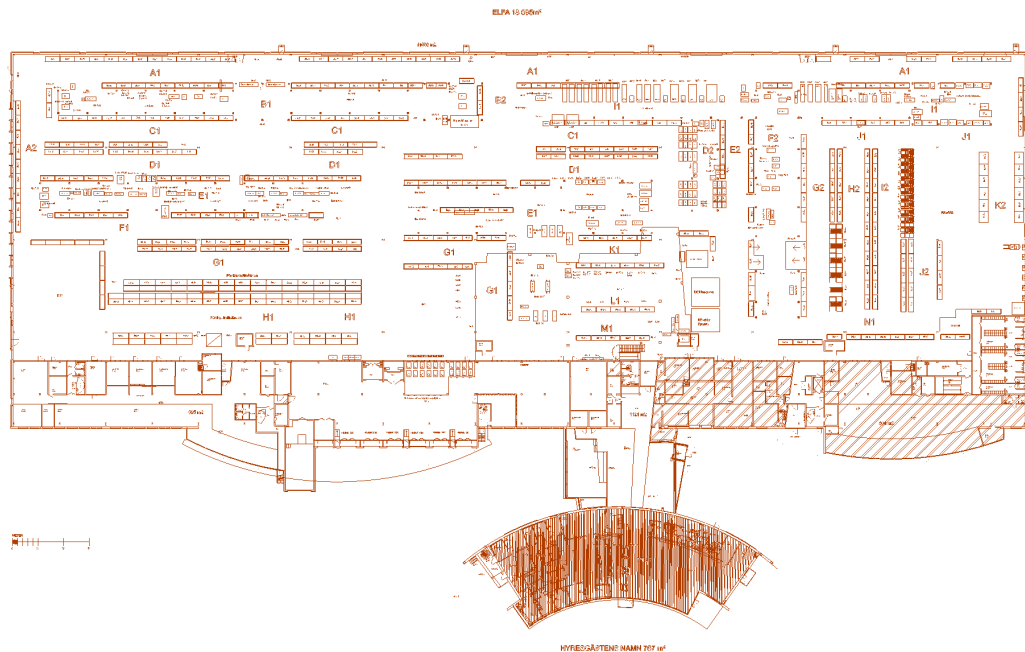
4.4 Utveckling av simuleringsmodellen

Projektet inleddes med att importera en ritning av Aritcos produktionslayout, vilken användes som grund för simuleringsmodellen. Syftet var att spara tid samt att säkerställa att byggnadens mått och planlösning återgavs korrekt.

Eftersom ritningen var i 2D-format behövde en 3D-modell skapas för att få simuleringen att fungera. Då byggnaden innehöll många rum och våningar beslutades att enbart modellera de delar som var relevanta för simuleringen. Detta inkluderade väggar, balkar och produktionsytor medan övriga utrymmen, som exempelvis kontor och entré, utelämnades.

Första stadiet i genomförandet av simuleringsmodellen var att implementera layouten 4.6 i programvaran. Aritco tillhandahöll ritningar från 2024 som innehöll skal-

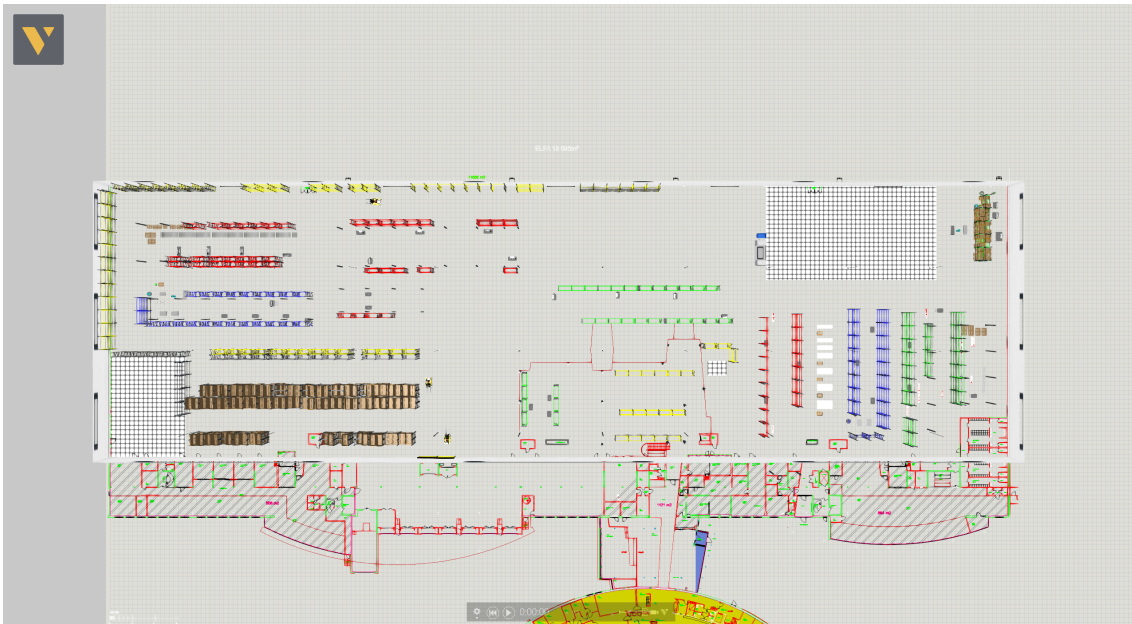
enliga arbetsytor samt information om pallställage och maskinplaceringar. Dessa jämfördes med den faktiska produktionen, och kompletterande mätningar utfördes på plats för att verifiera om några förändringar hade skett sedan ritningarna togs fram.



Figur 4.6: Planritning av Aritcos produktion och lokal

I simuleringsmjukvaran används färdiga komponenter och maskiner från biblioteket, istället för att skapa egna modeller, detta för att både spara tid samt att maskinerna från biblioteket innehöll data som gick att konfigurera till sina behov. De stationer som inte skulle ändras i layouten modellerades först, de var följande: färdigvarulagret, delmontaget och lacklinan. För lacklinan fanns ingen CAD-modell, vilket innebar att den modellerades utifrån angivna mått från handledare hos Aritco. Dessa fasta stationer etablerades tidigt för att definiera hur mycket yta de upptar i produktionen.

Baserat på dessa uppgifter placerades och modellerades samtliga stationer och maskiner i enlighet med layoutskiss 4.4, inklusive eventuella modifieringar. Slutligen justerades modellen marginellt för att få plats med alla ställage och stationer. Resultatet av det första layoututkastet presenteras i figur 4.7.

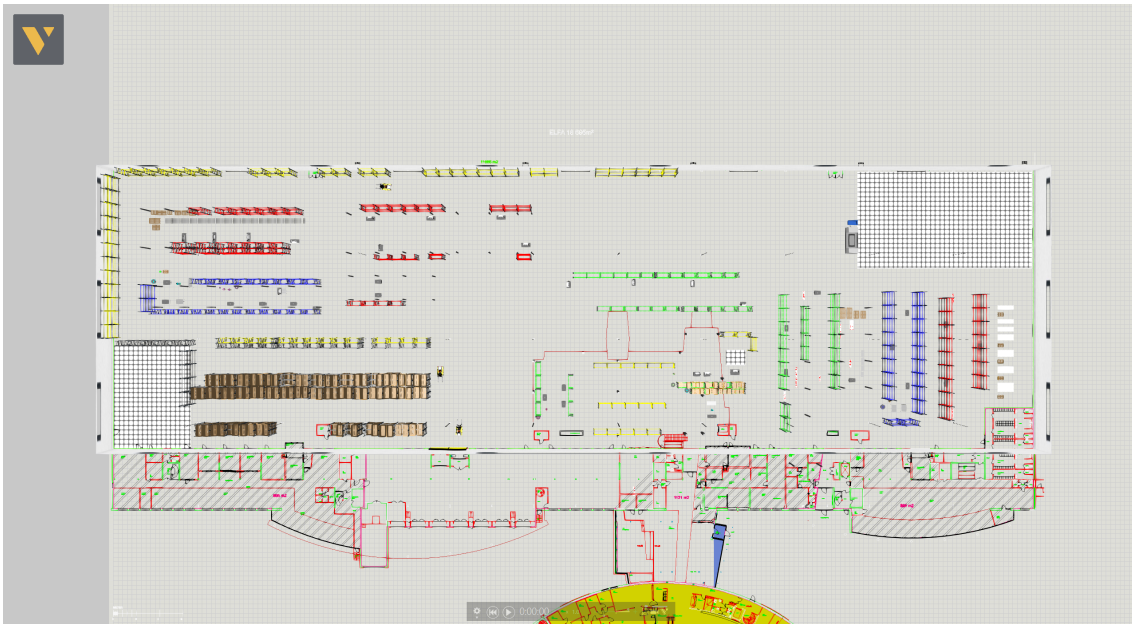


Figur 4.7: Första utkastet av simuleringsmodellen

Det första utkastet av modellen (figur 4.7) presenterades för företagets handledare och berörda avdelningschefer nere i produktionen. Under mötet diskuterades layouten och synpunkter framfördes gällande förbättringsmöjligheter.

Det framfördes från handledare att lacklinan kunde flyttas närmare väggen, eftersom det finns en dörr i närheten som möjliggör ett effektivt inflöde av råmaterial. Sedan noterades från avdelningschefer att dörrkomponenter och glas till AHL produktionslinje tillverkas vid delmontage, vilket innebär att dessa stationer bör placeras i närmare anslutning till varandra. Även att dessa komponenter kombineras med plockavdelningen för AHL och inte går under monteringsfasen för hissen.

Resultatet efter att simuleringsmodellen justerats enligt dessa synpunkter presenteras nedan i figur 4.8.



Figur 4.8: Korrigerat utkast av simuleringsmodellen

När layouten hade justerats enligt återkoppling från avdelningschefer och handläggare påbörjades inmatning av produktionsdata i Visual Components. För att simuleringen skulle generera resultat såsom antal producerade enheter, stopptider samt utnyttjandegrad för varje arbetsstation krävdes relevant indata. Information som cykeltider erhöles från företaget och dessa tider implementerades i simuleringsmodellens stationer.

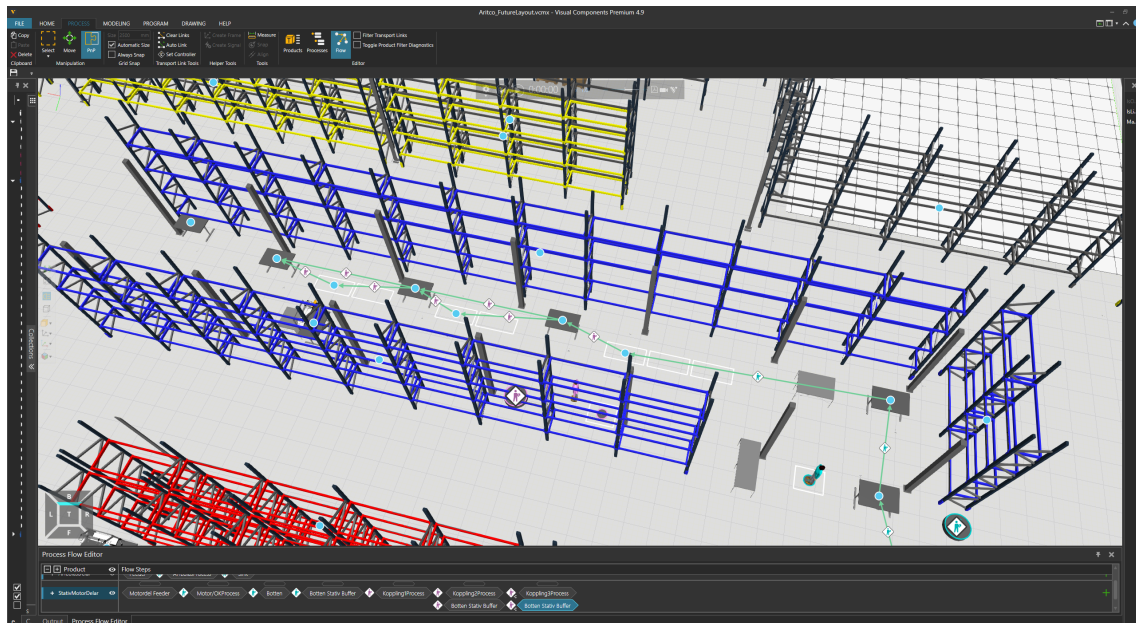
Eftersom Visual Components tillhandahåller färdigkonfigurerade modeller för exempelvis maskiner, robotar och transportband, krävdes mer manuell konfiguration för att simulera manuellt arbete med operatörer. Enligt Visual Components Academy finns två huvudsakliga tillvägagångssätt för att införa mänskliga operatörer i produktionsflödet.

Det första alternativet innebär användning av en Mission Controller, där varje operatör måste programmeras individuellt för att kunna röra sig i modellen [13]. Detta innebär då att operatören måste definiera körväg samt även kommandon som gör att operatören startar och slutar sin operation.

Det andra tillvägagångssättet är att definiera ett produktflöde mellan stationerna och koppla detta till en Human Transport Controller [14, 15], vilket gör att operatören automatiskt hanterar både materialförflyttning och manuella arbetsmoment.

I detta projekt valdes det andra alternativet, att använda Process Flow-modellen, då det ansågs mer ändamålsenligt för att representera operatörernas roll i produktionen och då MC är ett mycket mer komplext tillvägagångssätt ansågs detta inte som ett relevant alternativ. Figur 4.9 nedan visar ett exempel på hur flödet definierats vid stativstationen.

4. Genomförande



Figur 4.9: Definierad körväg av operatör i stativ arbetsblocket

När all relevant data hade implementerats i modellen genomfördes en simulering med en körtid på 40 timmar. Syftet var att undersöka hur produktionsflödet fungerade i den nya layouten samt att se den potentiella produktionskapaciteten och hastigheten.

5

Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten, indelade i kategorier baserade på projektets olika delar.

5.1 Undersökning

Layoutplaneringen gav resultat som ledde projektgruppen till ett välgrundat beslut om fabrikslayout. Objektiv samt subjektiv data sammanfattades både för presentation till Aritco såväl som de inledande stegen i simuleringen.

5.1.1 Fältstudiedata

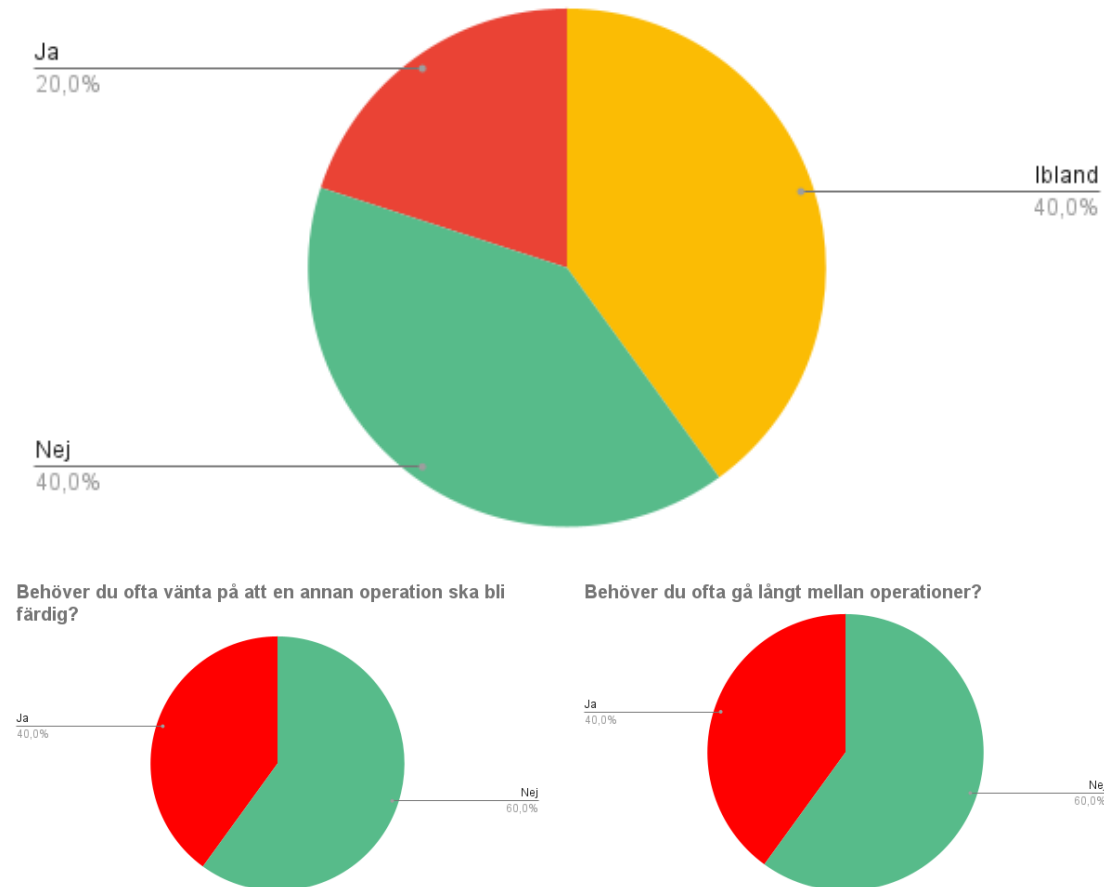
Fältstudiens huvudsakliga mål var att fånga åsikter från operatörer om materialflöde, störningsmoment och risker i fabriksmiljön. För att få en bred representation intervjuades arbetare av varierande anställningstid och produktionsavdelning hos företaget, sammanfattat i tabell 5.1.

Tabell 5.1: Resultat från fältstudie. Avdelning och arbetstid på Aritco

Avdelning	Arbetstid [år]
AHL	8
AHL	4
Dörr/Korg	5
Dörr/Korg	3
Dörr/Korg	0,8
Dörr/korg	8
Stativ	0,1
Stativ	8
Stativ	2
Stativ	6

Totalt intervjuades tio av ungefär 45 operatörer på fabriken. Färre personer från AHL-avdelningen intervjuades för att spegla avdelningsfördelningen på företaget, där resterande avdelningar har fler anställda. Fältstudien samlade även svar från respektive avdelnings gruppchef, då de frekvent tar emot åsikter och synpunkter från andra arbetare. Svaren som undersökningen samlade hade överlag en negativ syn på materialflödet i produktionen, illustrerat i figur 5.1.

Är dina material eller verktyg svåra att nå när du behöver dem?



Figur 5.1: Fältstudieresultat - Synpunkter kring fabriken materialflöde

En observation som visar tydlig konsensus i fabriken är frågan om vilken operation som är mest störande eller högljudd: nio av tio operatörer berättade att kapmaskinen var den mest distraherande stationen i Aritcos produktion. Operatörer beskrev kapmaskinen som en orsak till besvär som huvudvärk eller distraktion från arbetet. Personalen uttryckte en önskan att flytta maskinen till ett avlägset hörn, långt från resterande stationer. Sammanställning av alla svar i fältstudien finns i Bilagor.

5.1.2 Beräkningsresultat

Den standardiserade beräkningsgången utfördes för båda layoutkoncept, där en bred variation i poäng uppmärksammades. Det första layoutkonceptet var, enligt beräkningar, mest gynnsamt för delflödet *Stativ A1* och minst gynnsamt för *AHL*. Layoutkoncept 1 respektive 2 sammanfattades i separata kalkylark som visar individuella poängsummer för delflöden. Dessa summer är synliga i tabell 5.2.

Layoutkoncept 1 visade sig enligt beräkningar vara en lämpligare placering av operationer är layoutkoncept 2. Totalsumman för den andra layouten var mer än två

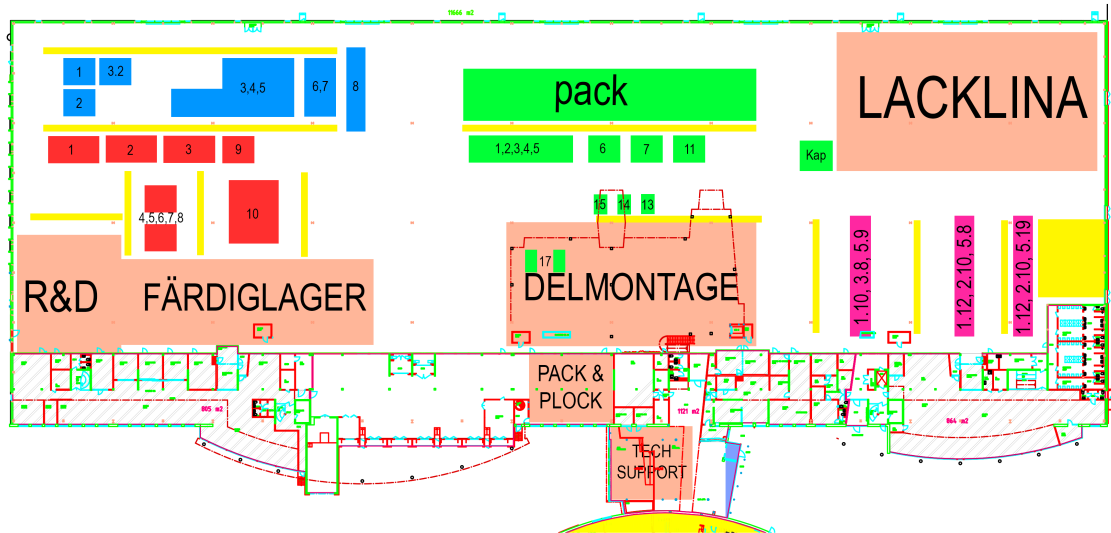
Tabell 5.2: Sammanfattningstabell för poängsummor – layoutkoncept 1 och 2

	Layout 1	Layout 2
Stativ – Compact	28 300	126 000
Dörr/Korg – Compact	104 000	169 500
Stativ – A1	–37 000	166 000
Dörr/Korg – A1	94 800	225 250
AHL	247 150	324 500
Summa	437 250	1 011 250
Genomsnitt	87 450	202 250

gångar större än den som hade tilldelats layoutkoncept 1. Enbart det första layoutkonceptet tilldelades en negativ poängsumma, denna enbart med hänsyn till delflödet *Stativ A1*. Det sammanhang där den proportionerliga poängskillnaden var minst mellan koncepten var med hänsyn till *AHL*, där layoutkoncept 2 fortfarande hade ett 30% högre poängvärde. Skillnaden i poängsummor var en stor bidragande faktor i valet av layout i projektets simuleringskapitel. Kvantitativ såväl som intuitiv analys ledde projektgruppen till att välja layoutkoncept 1 för fortsättningen av projektet.

5.2 Design

Designen för layouten baserades på förstudierna i SLP. Slutdesignen bygger på relationsdiagrammen på vardera station samt deras kopplingsdiagram.



Figur 5.2: Slutgiltig layoutdesign till simuleringsmodell

Den slutgiltiga layoutdesignen skiljer sig från både relations- och kopplingsdiagrammen som togs fram genom SLP-studierna. De främsta skillnaderna i jämförelse med SLP är att vissa stationer har flyttats. I figur 5.2 illustreras olika stationer inom företaget med hjälp av olika färger och former. De ljusröda rektanglarna representerar stationer som antingen kommer att behållas i sin nuvarande layout eller flyttas. De följande stationerna av nuvarande produktion som kommer att kvarstå: R&D, färdigvarulager och delmontage.

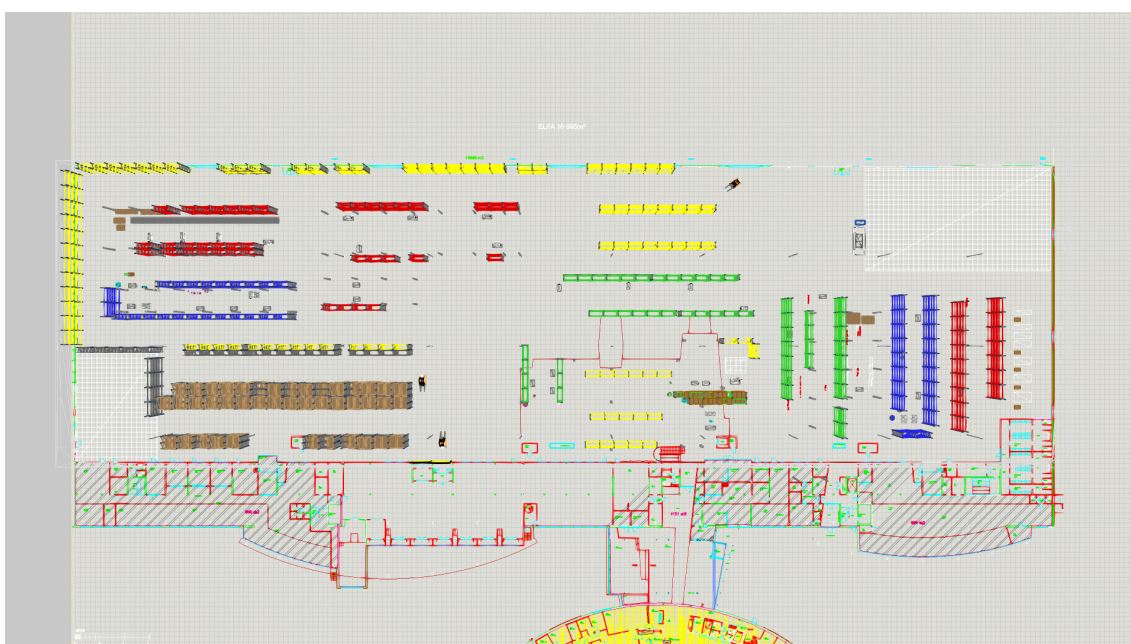
Layouten är även färgkodad utifrån typ av station och produktionslinje. Nedan följer en beskrivning av färgernas betydelse:

- Blå - Produktlinje Dörr&Korg för hissmodellen Compact och A1
- Röd - Produktlinje Stativ för hissmodellen Compact och A1
- Grön - Produktlinje AHL
- Rosa - Plocklager för alla hissar
- Gul - Ställage för inventarie

5.3 Simuleringsmodell

Simuleringsmodellen har byggts upp med stöd av layoutdesignen, fältstudien och Aritcos digitala produktionsritning. Den överensstämmer i stort med den ursprungliga designen, men vissa anpassningar har genomförts. Ändringarna baseras på de krav och önskemål som uttryckts av företaget, med syfte att modellen bättre ska återspegla en realistisk produktionslösning.

Resultatet av följande ändringar presenteras i simuleringsmodellen som illustreras i figur 5.3.



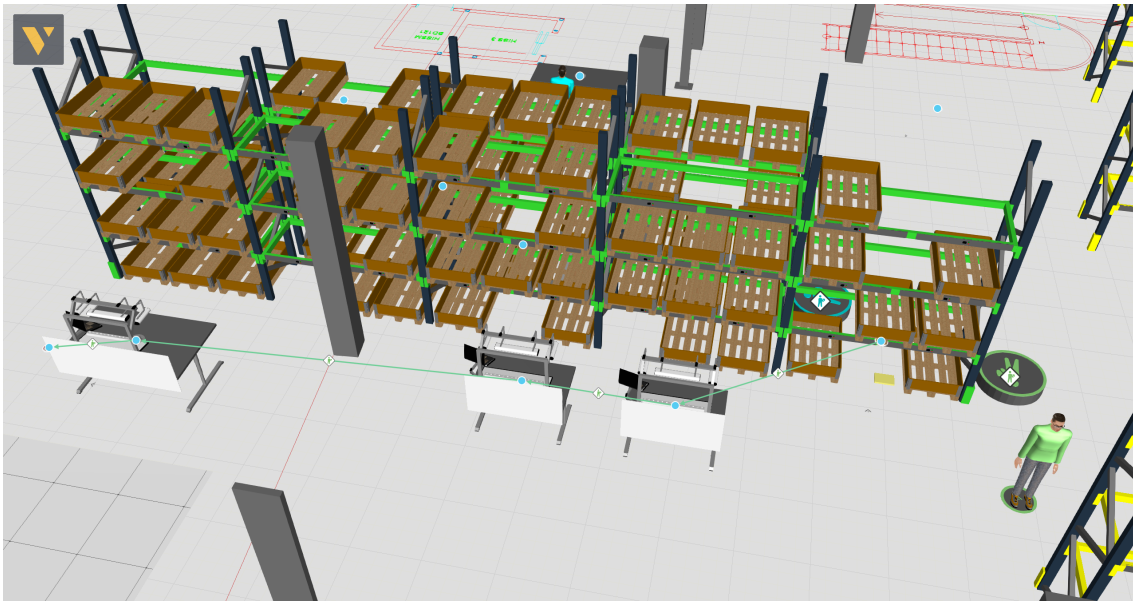
Figur 5.3: Simuleringsmodell på Aritcos framtida produktion

Simuleringsmodellen följer samma färgkodning som layoutdesignen för att underlätta tolkning och jämförelse mellan olika stationer. Detta möjliggör även tydligare hänvisningar i analysen. Eftersom R&D-avdelningen inte fick visualiseras och lacklinan befinner sig i en investeringsfas, representeras dessa stationer som vita rektanglar i modellen.

Jämfört med designen har några justeringar gjorts i simuleringsmodellen. Dörr- och korgstationen (röd) flyttades till fabrikenes övre del, vilket medförde att stativstationen (blå) placerades där dörr- och korgstationen ursprungligen var planerad. Dessutom ändrades placeringen av AHL-stationen genom att början av dess produktionsflöde flyttades närmare delmontaget, medan den avslutande delen anslöts till det ursprungliga flödet.

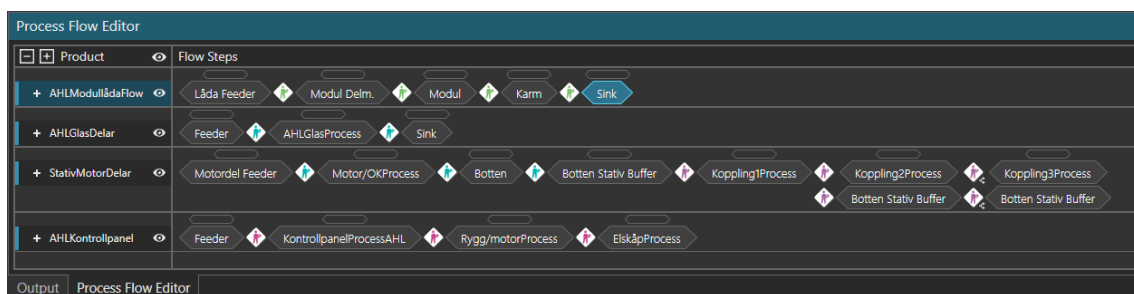
5.3.1 Simuleringsdata

För att definiera produktionsflödet i modellen användes Process Flow-modulen i Visual Components. Varje station kopplades samman med hjälp av sekventiella flödesmarkeringar, vilket möjliggjorde en automatiserad simulering av material- och arbetsflöde för operatörerna i stationerna. Figur 5.4 visar hur flödet strukturerades i modellen, där de gröna pilarna definierar körvägen för operatören.

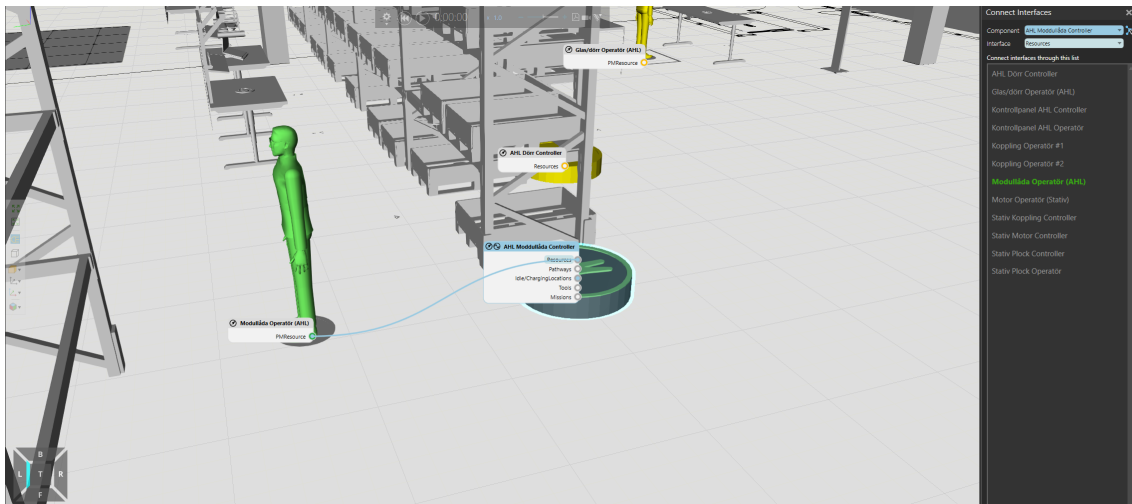


Figur 5.4: Översikt över processflödet i AHL dörrproduktion

Sedan för att modellen skulle kunna köras korrekt behövde samtliga stationer, operatörer och resurser vara kopplade till varandra. Figur 5.5 och figur 5.6 presenteras nedan.



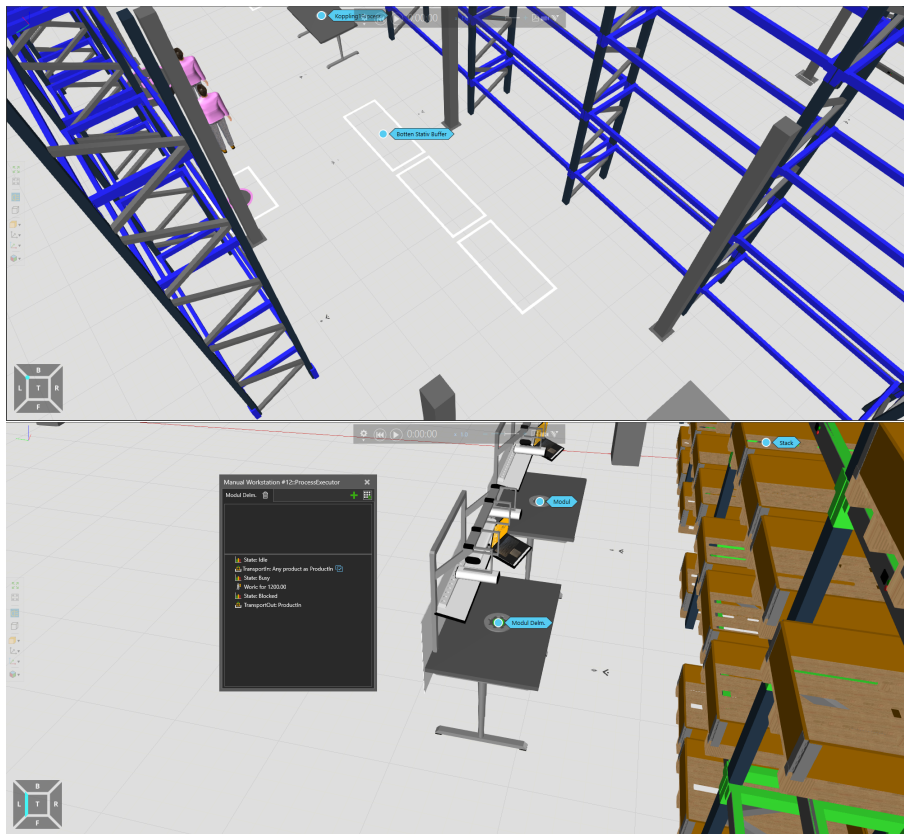
Figur 5.5: Kopplingar mellan stationer och operatörer via *Process Flow Editor*



Figur 5.6: Koppling mellan Operatör och HTC

I figur 5.5 visar det på hur kopplingarna mellan stationer och operatören i processflödes menyn. De olika färgerna på människoikonen tyder på olika operatörer i produktionen. Sedan i figur 5.6 visar det hur operatören är linkad med HTC för att få operatören i rörelse under simulering.

Varje station konfigurerades med parametrar som processtid, felprocent och kapacitet. Figur 5.7 visar ett exempel på hur denna data matades in för en arbetsbänk och buffert i produktionen.



Figur 5.7: Inmatade produktionsdata för en arbetsstation och buffert. Övre bild: Buffertplats. Nedre bild: Produktionsdata i arbetsstation

Trots att simuleringsmodellen byggdes upp enligt den reviderade layouten och kopplades till ett definierat produktionsflöde, genererades inga kvantitativa resultat såsom cykeltider, identifierade flaskhalsar eller antal producerade enheter för hela produktionen.

Anledningen till detta var att produktionsflödet visade sig vara för komplext för att hanteras korrekt i modellen utifrån projektets omfattning och tillgängliga resurser. Dessutom var gruppens förkunskaper inom simuleringsprogramvaran inte tillräckligt avancerade för att hantera den detaljnivå som krävdes för att skapa ett körbart system. Utifrån detta så kunde inte en DES utföras då produktionsflödet inte gick att återskapa i den digitala miljön.

6

Diskussion

Detta kapitel presenteras en reflektion över projektet samt diskuterar möjliga förbättringar för layouten och simuleringsmodellen i framtiden.

6.1 Reflektion på arbetet

De mål som sattes för projektet var att utveckla en mer effektiv produktionslayout för företaget samt att visualisera denna i en simuleringsmjukvara. Det första målet anses uppnått, då den framtagna layouten visar en tydligt förbättrad platsteffektivitet.

Under fältstudier bland personalen och observationer nere i produktionen identifierades flera svagheter i den befintliga layouten. Framförallt visade det sig att stationernas beroenden på varandra orsakade tidsfördröjningar, exempelvis att buffertar fylldes, efterföljande arbetsmoment inte kunde påbörjas i tid och att stationer behövde invänta material. För att åtgärda detta flyttades stationerna om i layouten så att de i högre grad kunde arbeta oberoende av varandra. Detta minskade behovet av buffring och förbättrade flödet mellan momenten.

Det noterades även att vissa arbetsstationer återkom på flera platser i produktionen, vilket innebar ett ineffektivt utnyttjande av resurser. Denna utmaning löstes genom att samla liknande arbetsmoment till en gemensam arbetsyta. På så sätt skapades en mer flexibel och självständig arbetsmiljö för dessa stationer. Den nya designen på layouten visar på dessa förbättringar och även simuleringsmjukvaran påvisar att ytan i produktionen utnyttjas mycket väl samt att stationerna blir mer oberoende av varandra.

Det andra projekt målet, att simulera den nya layouten i Visual Components, kunde inte uppnås. Under projektets gång modellerades layoutdesignen och all relevant produktionsdata samt operatörer implementerades i simuleringsmjukvaran.

Det visade sig dock att Visual Components inte är anpassat för att hantera manuella arbetsmoment med operatörer. Samtidigt saknade projektgruppen tillräcklig fördjupad kunskap i mjukvaran för att genomföra en fullständigt fungerande och rättvisande simulering.

För att lösa detta vände vi oss till externa källor, bland annat Visual Components

forum och handledare inom Chalmers. Genom denna informationssökning i forumen kunde en viss struktur för operatörsflödet byggas upp. Men trots detta gick det inte att få simuleringen att fungera i sin helhet. Det stora problemet i simuleringen var att flödet var för komplext med manuella operationer och dess prioriteringar, exempelvis kunde inte sammanblanda flera operatörer i en arbetsstation då en av operatörerna alltid stod i deras viloläge. Vi fick även problem när moduler från en avdelning skulle mötas mot annan avdelning, då modulerna behövde sammanfogas och bli en färdig produkt.

En avgörande begränsning var komplexiteten i Aritcos produktionsflöde. Produktionen har hög variation beroende på order, vilket innefattar skillnader i hissmodeller, antal dörrar och glaselement samt höjd och antal våningar hissen hade. Dessa variabler påverkar monterings- och resursfördelning, och kunde inte reproduceras i modellen på ett tillförlitligt sätt inom projektets mål.

Om samtliga projektmål hade uppfyllts och en fullständig simulering hade kunnat genomföras enligt gruppens intentioner, skulle projektet fortsättas för att analysera flera centrala aspekter i produktionsflödet som:

- Identifiera eventuella flaskhalsar i produktionen
- Utvärdera behovet av fler eller färre operatörer
- Undersöka om den nya layouten medför en förbättrad effektivitet jämfört med den ursprungliga
- Tillföra en modell till företaget för vidareutveckling och framtida användningsområden

6.2 Etik och Hållbarhet

Ett av projektets mål var att applicera lean-metodik för att optimera en produktionslayout med mänskliga operatörer. Tidigare i rapporten etablerades idén att arbetarnas välmående är en relevant faktor i minimering av slöseri. Då projektet enbart har fokuserat på en layout som nyttjar befintlig utrustning kan inte ergonomiska faktorer som låga arbetsytor eller tunga lyft iakttas. De främsta sätten som projektgruppen hade ett inflytande på ergonomin var genom att minimera gångsträckor och undvika situationer där operatörer behöver vrida på kroppen för att nå material eller verktyg. En röd tråd som har gått genom projektets utförande har varit balansen mellan produktivitet och arbetsbelastning. Layoutoptimering innebär inte endast att minska cykeltider, utan även att förstå hur operatörens roll påverkas av förändringar i flödet.

Vidare har operatörers synpunkter, insamlade genom fältstudien, spelat en markant roll som motvikt till rent kvantitativa beslut. Detta stämmer överens med den ingenjörsetiska principen att enbart utveckla teknik som nyttjas med mänsklighetens välbefinnande i huvudfokus. Även simulering som metodval ger företaget möjligheten att testa förändringar i en digital miljö för att minimera skaderisken för arbetare.

6.3 Framtida arbete

Under projektets gång på Aritco Home Lift AB har både styrkor och förbättringsområden inom produktionen identifierats. Projektets syfte var att bidra med en nya platseffektiviserad produktionslayout samt introducera nya verktyg såsom simuleringsmjukvara.

Nedan presenteras rekommendationer och idéer för framtida arbete kopplat till såväl simuleringsmodellen som den fysiska produktionen.

6.3.1 Simulering

Redan i början av arbetet med att implementera simuleringsdata framkom det att programvaran Visual Components inte är fullt ut anpassad för att hantera manuellt arbete och det krävdes mer kunskap inom området för att få en fungerande modell. Den simuleringsmodell som byggdes av oss saknar indata, vilket innebar att inga kvantitativa resultat kunde genereras, exempelvis kring flaskhalsar, tidsförbrukter, operatörsanvändning eller väntetider. Det finns därför stor utvecklingspotential i modellen. Det rekommenderas att framtida arbete inkluderar en fördjupning i Visual Components funktionalitet, särskilt inom hantering av manuella arbetsmoment och operatörsstyrning. Eftersom modellen redan är uppbyggd och samtliga stationer finns på plats, utgör detta en stabil grund. Med korrekt och fullständig indata kopplad till respektive station kan modellen relativt enkelt vidareutvecklas för att möjliggöra simuleringar som ger faktabaserade resultat.

6.3.2 Mätvärden

Alla tidsuppskattningar som användes i simuleringsmodellen erhöles från företaget. Under projektets gång framkom dock att dessa värden inte gav en rättvisande bild av hur produktionen faktiskt flödar. Projektets prioritet var att skapa en fungerande modell som visuellt representerade den nya layouten och det föreslagna produktionsflödet. På grund av projektets begränsade tidsramar och resurser valde gruppen därför att inte genomföra egna mätningar eller justera indata i detalj. Detta innebar att mer noggranna mätvärden inte implementerades i modellen. Som tidigare nämnt så är modellen och alla stationer redan utplacerade och därmed är det fullt möjligt att komplettera modellen med uppdaterad data i framtida arbete.

De mätvärden som bedöms vara mest relevanta för att uppnå en mer rättvisande simulering är följande:

- Uppdaterade cykeltider för samtliga arbetsmoment i produktionen
- Tidsåtgång för internttransport mellan stationer och för att hämta verktyg
- Antal buffertplatser samt respektive bufferts kapacitet

6.3.3 Automatisering

Inledningsvis bestämdes avgränsningen att förändringar i produktionssystemet fortfarande baseras på användningen av befintlig utrustning. Detta har lett till att auto-

mationsgraden i simuleringsmodellen är nära dagslägets produktion. Lacklinan som företaget planerar att införskaffa är av hög automationsgrad, men detta är inte något som projektgruppen har fokuserat på. Trots dessa avgränsningar har fortfarande layoutändringar förenklat implementeringen av automatiserade lösningar i framtiden.

En av den nya layoutens styrkor är tydligt markerade truckgångar, till skillnad från den nuvarande produktionslayouten, där truckar effektivt går mellan alla stallage i fabriken. Att ha en mer definierade truckgångar förenklar implementeringen av ett AGV-system. På samma sätt har en märkbart större yta ägnats åt packning, vilket möjliggör införskaffning av fler automatiska emballeringsapparater. Den nuvarande layouten nyttjar manuella vagnar som bär arbetsmaterialet mellan stationer, vilket utan layoutmässiga modifieringar också hade kunnat bytas ut mot ett automatiskt alternativ. Layoutens modularitet har varit en viktig designprincip. Genom att separera gångvägar och definiera buffertzoner möjliggörs framtida tillägg av både fasta och rörliga automationslösningar utan att produktionsflödet behöver omarbetas i grunden.

7

Slutsats

Examensarbetet har genomfört en layoutoptimering för Aritco Home Lift AB genom tillämpning av Systematic Layout Planning (SLP) och digital modellering i Visual Components. Det primära målet att utveckla en mer platseffektiv produktionslayout uppnåddes, där förbättrad ytanvändning och minskat beroende mellan stationer kunde påvisas. Layouten utformades med hänsyn till såväl produktionstekniska krav som ergonomiska och hållbarhetsmässiga överväganden. Trots att den tillhörande simuleringsmodellen inte kunde generera kvantitativa resultat, såsom flaskhalsar eller produktionskapacitet, gav modellen värdefulla visuella insikter om layoutens struktur och möjliga förbättringsområden. De främsta hindren för en fungerande simulering var produktionssystemets höga komplexitet samt projektgruppens begränsade erfarenhet av simuleringsverktyget. Projektet har samtidigt identifierat betydande utvecklingspotential. Framtida arbete bör fokusera på fördjupad indataanalys, förbättrad hantering av manuella arbetsmoment i simuleringen samt möjligheter till ökad automatisering. Den framtagna layouten skapar gynnsamma förutsättningar för detta, särskilt genom dess modularitet och tydliga zonindelning.

Sammanfattningsvis har examensarbetet bidragit med en konkret och genomförbar layoutlösning som stärker Aritcos framtida produktionsmöjligheter och erbjuder en grund för vidare digital utveckling.

Litteraturförteckning

- [1] Aritco Home Lift. *About Aritco*. Hämtad 29 januari, 2025, från <https://www.aritco.com/about-aritco/>
- [2] Wang, J.X. (2010-08-12). *Lean Manufacturing: Business Bottom-Line Based*. Hämtad 12 mars, 2025, från <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=a2dfe132-4855-30e4-8919-6e10353c4bdb>
- [3] Muther et al. (1974). *Systematic Layout Planning*. Hämtad 1 mars, 2025, från: <https://richardmuther.com/wp-content/uploads/2016/07/Systematic-Layout-Planning-SLP-4th-edition-soft-copy.pdf>
- [4] Bangsow, S. (2016). *Tecnomatix Plant Simulation: Programming by Means of Examples*. Hämtad 12 mars, 2025, från: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=9b8f7502-feb-3222-bba9-168c6e734f0d>
- [5] Ungvarsky, J. (2024). *Digital twin*. Hämtad 19 maj, 2025, från <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=db7d431b-43ea-3d59-81b4-22204d6fbbfb>
- [6] Visual Components. *About us: Company info*. Hämtad 1 april, 2025, från: <https://www.visualcomponents.com/about-us/company-info>
- [7] Visual Components. *Manufacturing Simulation*. Hämtad 1 april, 2025, från: <https://www.visualcomponents.com/products/manufacturing-simulation/>
- [8] Allen et al. (2015-05). *Right cot, right place, right time: improving the design and organisation of neonatal care networks – a computer simulation study..* Hämtad 6 juni, 2025, från <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK293948/>
- [9] Sveriges Ingenjörer (2024-03-05). *Hederskodex*. Hämtad 15 maj, 2025, från <https://www.sverigesingenjorer.se/om-forbundet/organisation/hederskodex/>
- [10] Landsbergis, P. (1998-01). *Lean production and worker health: A discussion*. Hämtad 19 maj, 2025, från https://www.researchgate.net/publication/228369507_Lean_production_and_worker_health_A_discussion
- [11] Regeringen (2015). *Agenda 2030 | Mål 9 | Hållbar industri, innovationer och infrastruktur*. Hämtad 19 maj, 2025, från <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/agenda-2030-mal-9-hallbar-industri-innovationer-och-infrastruktur/>
- [12] Hexagon (2025). *Line Walks*. Hämtad 6 juni, 2025, från <https://hexagon.com/products/line-walks>
- [13] Visual Components (2023). *Process Modeling Missions Manual*. Hämtad 2 april, 2025, från: <https://academy.visualcomponents.com/lessons/process-modeling-missions-manual/>

- [14] Visual Components (2022-07-15. *Process Flow Editor*. Hämtad 2 april, 2025, från: <https://www.youtube.com/watch?v=Na1M9SsP1t8>
- [15] Visual Components (2024-04-15. *Adding Transport Links and Using Transport Link Tools*. Hämtad 2 april, 2025, från: <https://www.youtube.com/watch?v=xXg8JQM9knQ>

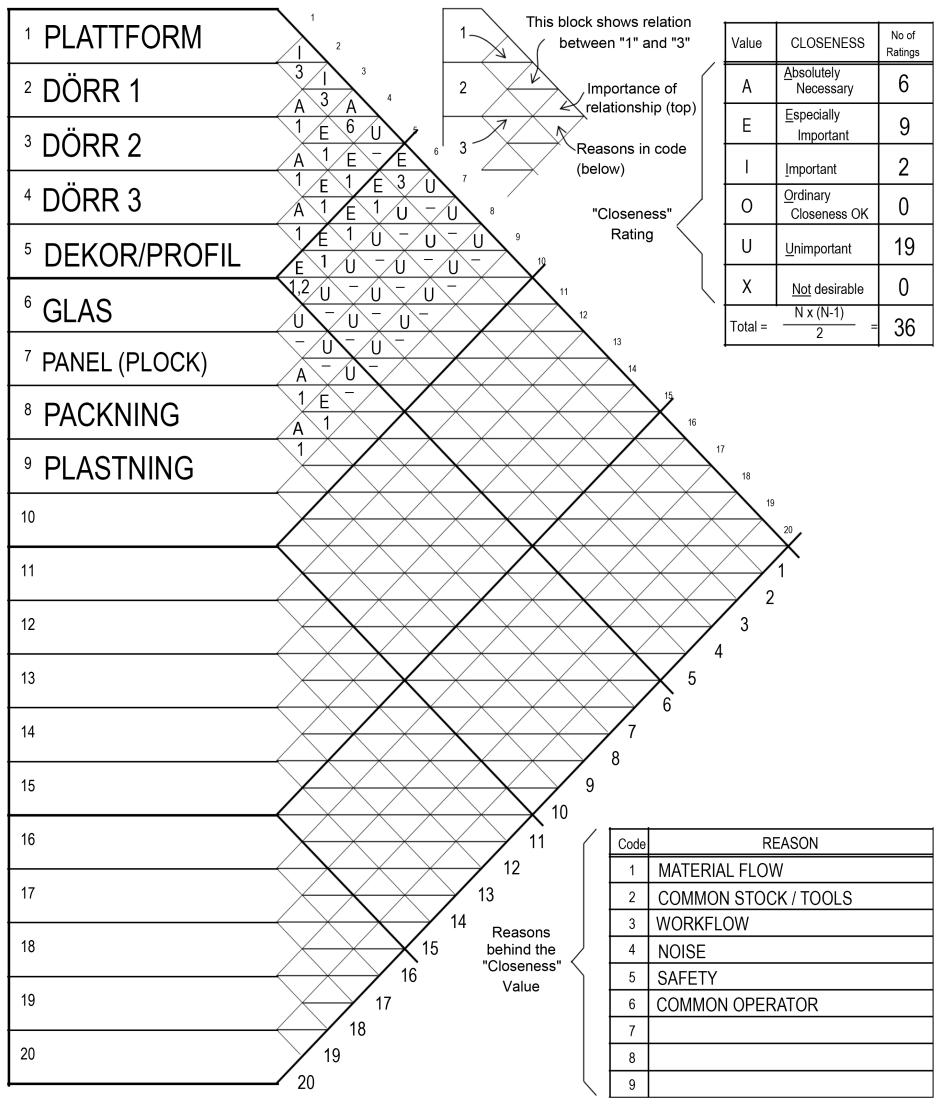
Vid utformningen av rapporten konsulterades en AI-baserad skrivassistent för att förbättra språk och struktur. OpenAI. (2025). ChatGPT. Tillgänglig via: <https://chat.openai.com>

Bilagor

Bilaga A - Kompletterande bilder från SSLP

RELATIONSHIP CHART

Plant (Company) Aritco Home Lift AB Project Produktion Aritco
 Charted by Robin Tran & Ossian Jakobov With _____
 Date 2025-02-24 Sheet 2 of 5
 Reference Produktion Dörr/korg (Compact)

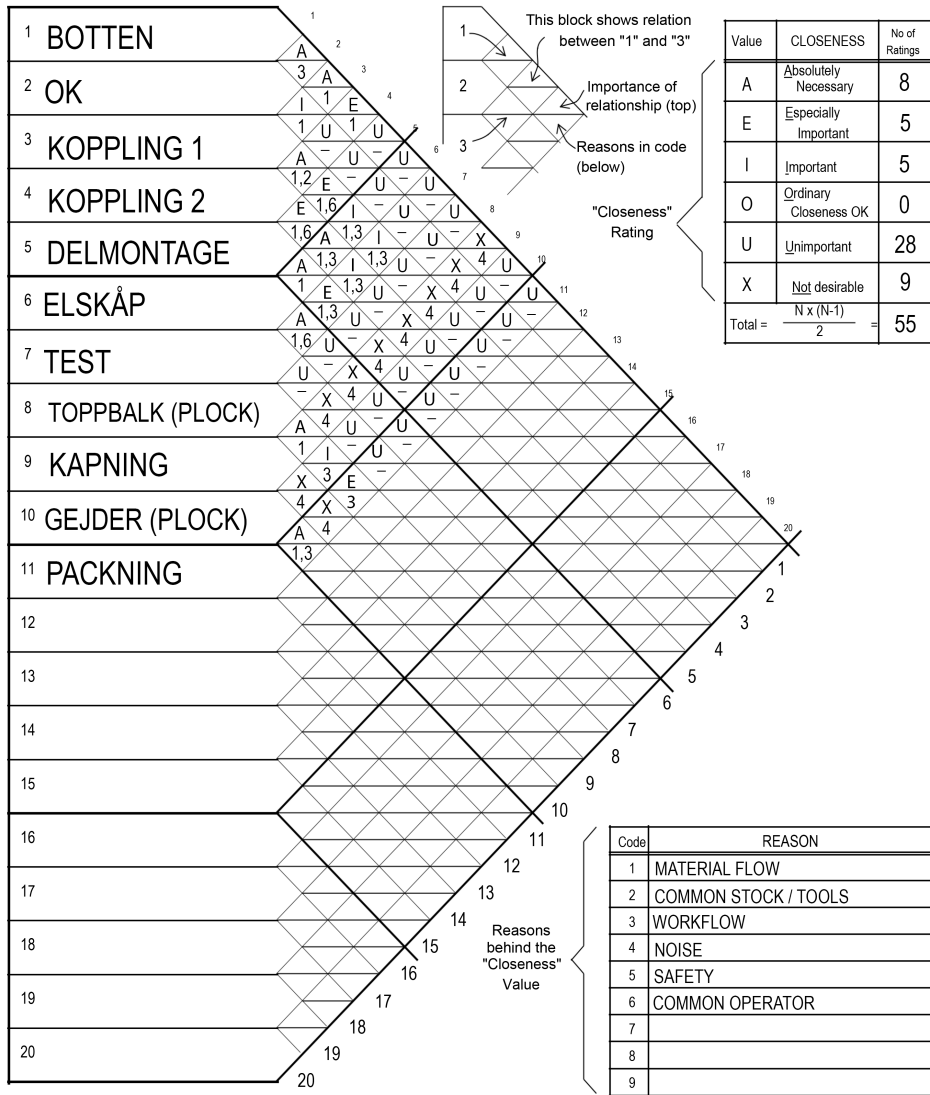


RICHARD MUTHER & ASSOCIATES - 130

Figur 7.2: Relationsdiagram för Dörr/Korg - Compact

RELATIONSHIP CHART

Plant (Company) Aritco Home Lift AB Project Produktion Aritco
 Charted by Robin Tran & Ossian Jakobov With _____
 Date 2025-02-24 Sheet 3 of 5
 Reference Produktion Stativ (A1)

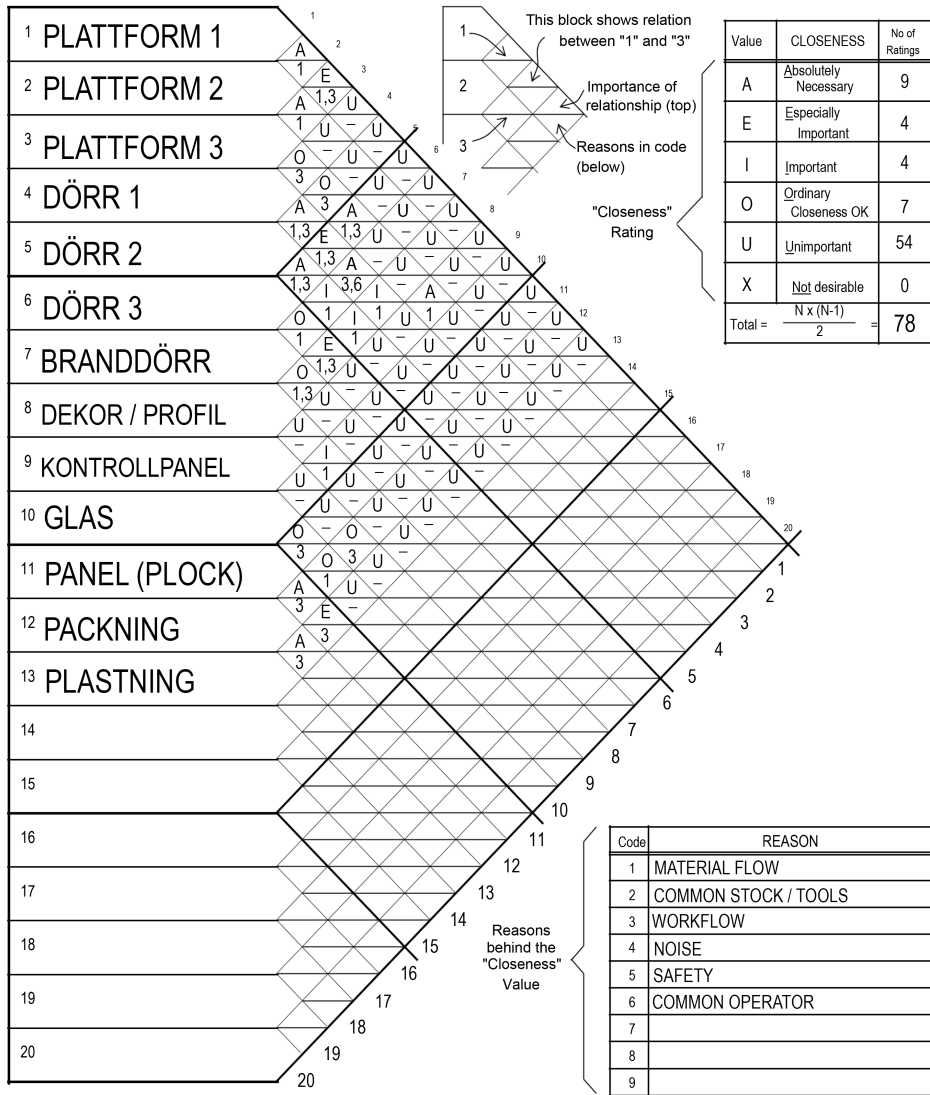


RICHARD MUTHER & ASSOCIATES - 130

Figur 7.3: Relationsdiagram för Stativ - A1

RELATIONSHIP CHART

Plant (Company) Aritco Home Lift AB Project Produktion Aritco
 Charted by Robin Tran & Ossian Jakobov With _____
 Date 2025-02-24 Sheet 4 of 5
 Reference Produktion Dörr/Korg (A1)



RICHARD MUTHER & ASSOCIATES - 130

Figur 7.4: Relationsdiagram för Dörr/Korg - A1

Compact Dörr/Korg					
RELATION	A	E	I	O	X (min. avstånd = 500)
2-3	10				
1-4	135				
3-4	110				
4-5	10				
7-8	395				
8-9	380				
2-4		110			
2-5		40			
3-5		40			
1-6		90			
2-6		40			
3-6		40			
4-6		20			
5-6		0			
7-9		90			
1-2			10		
1-3			115		
SUMMA	104000	23500	2500	0	0
TOTALT BETYG	130000				

Figur 7.5: Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 1 med avseende på Dörr/Korg - Compact

A1 Stativ					
RELATION	A	E	I	O	X (min. avstånd = 500)
1-2	10				
1-3	10				
3-4	70				
4-6	145				
5-6	20				
6-7	0				
8-9	20				
10-11	240				
1-4		230			
3-5		10			
4-5		10			
5-7		20			
8-11		175			
2-3			165		
3-6			150		
3-7			150		
4-7			20		
8-10			890		
1-9					775
2-9					770
3-9					540
4-9					415
5-9					415
6-9					340
7-9					340
9-10					-415
1-11					-415
SUMMA	51500	22250	27500	0	-138250
TOTALT BETYG	-37000				

Figur 7.6: Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 1 med avseende på Stativ - A1

A1 Dörr/Korg					
RELATION	A	E	I	O	X (min. avstånd = 500)
1-2	10				
2-3	10				
4-5	0				
3-6	40				
5-6	20				
4-7	20				
3-9	10				
11-12	400				
12-13	10				
1-3		135			
4-6		20			
6-8		20			
11-13		400			
5-7			20		
4-8			20		
5-8			20		
8-10			95		
3-4				110	
3-5				110	
6-7				20	
7-8				20	
10-11				1200	
9-12				380	
10-12				350	
SUMMA	52000	28750	3100	10950	0
TOTALT BETYG	94800				

Figur 7.7: Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 1 med avseende på Dörr/Korg - A1

AHL					
RELATION	A	E	I	O	X (min. avstånd = 500)
1-2	10				
2-3	10				
2-4	20				
3-4	10				
3-5	20				
4-5	10				
5-6	30				
6-7	20				
7-8	535				
9-10	85				
11-12	25				
13-14	20				
14-15	20				
15-16	130				
1-3		20			
1-4		30			
2-5		30			
3-6		30			
4-6		20			
5-7		20			
9-11		280			
9-12		240			
13-15		60			
15-17		85			
16-17		235			
11-18		25			
16-18		20			
11-19		25			
12-19		30			
17-19		240			
8-9			10		
8-11			460		
12-18			20		
1-5				40	
10-12				85	
11-16				25	
12-16				10	
14-16				130	
11-17				250	
17-18				230	
1-10					-90
2-10					-90
3-10					-90
4-10					-90
5-10					-90
6-10					-180
7-10					-180
8-10					-250
10-11					-330
10-13					-240
10-14					-190
10-15					-150
10-16					-415
10-17					-55
10-18					-415
10-19					-415
SUMMA	94500	69500	9800	3850	69500
TOTALT BETYG	247150				

Figur 7.8: Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 1 med avseende på AHL

Compact Stativ					
RELATION	A	E	I	O	X (min. avstånd = 500)
1-2	10				
2-3	1100				
3-4	10				
3-5	10				
4-5	10				
5-6	20				
6-7	15				
10-11	85				
1-3		1100			
2-4		1100			
2-5		1050			
3-6		15			
4-6		15			
3-7		15			
4-7		15			
5-7		15			
8-13		220			
12-13		810			
1-4			1100		
1-5			1050		
2-6			1070		
2-7			1070		
7-9			65		
8-10			455		
8-12			630		
10-12			150		
11-12			225		
9-13			10		
10-13			620		
1-6				1070	
1-7				1070	
1-11					-330
2-11					-300
3-11					800
4-11					770
5-11					770
6-11					770
7-11					770
8-11					-170
9-11					50
11-13					50
SUMMA	126000	217750	128900	10700	-159000
TOTALT BETYG	324350				

Figur 7.9: Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 2 med avseende på Stativ - Compact

Compact Dörr/Korg					
RELATION	A	E	I	O	X (min. avstånd = 500)
2-3	10				
1-4	730				
3-4	520				
4-5	75				
7-8	10				
8-9	350				
2-4		625			
2-5		620			
3-5		515			
1-6		725			
2-6		620			
3-6		515			
4-6		160			
5-6		30			
7-9		350			
1-2			10		
1-3			110		
SUMMA	169500	208000	2400	0	0
TOTALT BETYG	379900				

Figur 7.10: Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 2 med avseende på Dörr/Korg - Compact

A1 Stativ					
RELATION	A	E	I	O	X (min. avstånd = 500)
1-2	15				
1-3	1110				
3-4	10				
4-6	20				
5-6	20				
6-7	0				
8-9	85				
10-11	805				
1-4		1110			
3-5		10			
4-5		10			
5-7		20			
8-11		620			
2-3			1040		
3-6			20		
3-7			20		
4-7			20		
8-10			150		
1-9					-335
2-9					-265
3-9					800
4-9					800
5-9					760
6-9					770
7-9					770
9-10					-260
9-11					40
SUMMA	206500	88500	25000	0	-154000
TOTALT BETYG	166000				

Figur 7.11: Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 2 med avseende på Stativ - A1

A1 Dörr/Korg					
RELATION	A	E	I	O	X (min. avstånd = 500)
1-2	15				
2-3	15				
4-5	75				
3-6	515				
5-6	35				
4-7	20				
3-9	15				
11-12	800				
12-13	20				
1-3		115			
4-6		160			
6-8		100			
11-13		810			
5-7			80		
4-8			15		
5-8			15		
8-10			40		
3-4				525	
3-5				510	
6-7				160	
7-8				15	
10-11				1020	
9-12				110	
10-12				60	
SUMMA	151000	59250	3000	12000	0
TOTALT BETYG	225250				

Figur 7.12: Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 2 med avseende på Dörr/Korg - A1

AHL					
RELATION	A	E	I	O	X (min. avstånd = 500)
1-2	10				
2-3	10				
2-4	20				
3-4	10				
3-5	20				
4-5	10				
5-6	725				
6-7	650				
7-8	685				
9-10	85				
11-12	30				
13-14	10				
14-15	10				
15-16	50				
1-3		20			
1-4		30			
2-5		30			
3-6		725			
4-6		725			
5-7		650			
9-11		570			
9-12		615			
13-15		60			
15-17		155			
16-17		30			
11-18		40			
16-18		10			
11-19		120			
12-19		10			
17-19		130			
8-9			150		
8-11			760		
12-18			20		
1-5				40	
10-12				520	
11-16				45	
12-16				20	
14-16				75	
11-17				90	
17-18				140	
1-10					615
2-10					615
3-10					615
4-10					615
5-10					615
6-10					-165
7-10					-100
8-10					-265
10-11					0
10-13					-45
10-14					-50
10-15					-70
10-16					50
10-17					130
10-18					100
10-19					100
SUMMA	232500	196000	18600	4650	-127250
TOTALT BETYG	324500				

Figur 7.13: Kalkylark för beräkning. Poängsättning för layoutkoncept 2 med avseende på AHL

Avdelning	AHL	AHL	Dörr/Korg	Dörr/Korg	Dörr/Korg	Dörr/Korg	Stativ	Stativ	Stativ	Stativ
Arbetstid på Aritco [år]	8	4	5	3	0,8	8	0,1	8	2	6
Vilken operation tar längst tid?	Elskåp/motor	Väggarna	239, stapla frigolit, lyfta	239	239, borra dörren och montera korg	FAAC-dörröppnare, annars packkorg	Drivskruv	Packning (lång hiss)	Packning, elskåp	Packning (lång hiss)
Behöver du ofta gå långt mellan operationer?	Nej	Nej	Ja	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Nej	Nej
Vad är det längsta avståndet du behöver gå?	Skicka vidare till nästa station	Vid skadad prio-RAL, måste gå till andra sidan fabriken	När man letar efter rätt mått på glasprofil	Packkorg	Hämta block till dörrar	Plattform, packkorg	Fram & tillbaka mellan stallage i koppling	Runt stallage under packning	Packning, fram & tillbaka i koppling	Packning
Är dina material eller verktyg svåra att nå när du behöver dem?	Ibland	Ibland	Nej	Nej	Nej	Ibland	Ibland	Ja	Ja	Nej
Behöver du ofta vänta på att en annan operation ska bli färdig?	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Nej
Vilken operation är mest skadlig eller farlig?		Klämrisik vid hantering av fjädrar	Lyfta dörr m.h.a. travers, blir sned vid lång dörr	Trippelglas	Glas	Trippelglas	Drivskruv, dålig ergonomi	Packning, dålig ergonomi. Lyftanordningen.	Packning	Lyftanordning
Vilken operation är mest högljudd eller störande?	Kap	Kap	Kap och bankning	Kap		Kap		Kapmaskin, skruvdragare	Bottendel, kap, koppling, ok	Kap, skruvdragare

Figur 7.14: Sammanställningstabell från fälstudieresultat

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
Göteborgs universitet
Göteborg, Sverige
www.chalmers.se



GÖTEBORGS
UNIVERSITET



CHALMERS