



CHALMERS

Sekvensoptimering på manuellt monteringsflöde

Effekter av Swegons program för simulering av produktionssekvens

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och produktionsteknik

**NATHALIE JAKOBSSON
SIDNEY GEORGINA TU**

**INSTITUTIONEN FÖR TENIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2022
www.chalmers.se
Rapportnummer E2022:083

Rapportnummer E2022:083

Sekvensoptimering på manuellt monteringsflöde

Effekter av Swegons program för simulering av
produktionssekvens

NATHALIE JAKOBSSON
SIDNEY GEORGINA TU

TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
Avdelning för Supply and Operations Management

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2022

Sekvensoptimering på manuellt monteringsflöde
Effekter av Swegons program för simulering av produktionssekvens

NATHALIE JAKOBSSON
SIDNEY GEORGINA TU

© NATHALIE JAKOBSSON, 2022
© SIDNEY GEORGINA TU, 2022

Rapportnummer E2022:083
Teknikens ekonomi och organisation
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2022

Göteborg, Sverige 2022

Sekvensoptimering på manuellt monteringsflöde
Effekter av Swegons program för simulering av produktionssekvens

NATHALIE JAKOBSSON
SIDNEY GEORGINA TU

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation
Chalmers tekniska högskola

FÖRORD

Detta är ett examensarbete på 15 högskolepoäng som utförts på Swegon i Kvänum under våren 2022. Arbetet har skrivits som ett avslutande obligatoriskt moment på programmet Ekonomi och produktionsteknik vid institutionen Teknikens ekonomi och organisation på Chalmers tekniska högskola.

Vi vill rikta ett stort tack till Niklas Örtendahl, vår handledare på Swegon för hans engagemang, hjälpsamhet och råd. Vi vill även tacka all personal på Swegon som deltog i intervjuerna och tillförde värdefull information till vårt arbete.

Slutligen vill vi tacka Peter Almström, vår handledare och examinator på Chalmers tekniska högskola för hans hjälp och vägledning under arbetets gång.

SAMMANFATTNING

Swegon är ett företag som producerar omkring 9000 aggregat varje år inom industrin för värme, ventilation och luftkonditionering. Produktionen i Swegon kombinerar hög mix och hög volym då de erbjuder flera miljarder olika produktvarianter vilket innebär en stor variation i arbetsinnehållet. Vid tillverkning av produktvariationer i ett monteringsflöde blir produktionssekvensen – ordningen som produkterna produceras i – och balanseringen av flödet mer komplicerade. För företag som Swegon bör således stor vikt läggas vid optimering av produktionssekvenser och balansering av monteringsflöden för att jämna ut arbetsbelastningen. Detta kan åstadkommas med hjälp av programvaran L-Bit som inom planering beräknar optimerade produktionssekvenser och inom produktion visualiserar resursbehov.

Syftet med examensarbetet var att ge insikt i hur programvaran fungerar samt vad det har haft för effekter på produktionsflödet och personalens arbetsutformning på Lina B. Även förbättringsmöjligheter för användningen av L-Bit har undersökts.

För att analysera effekterna som L-Bit har haft på produktionsflödet utvärderades kvantitativa data från före och efter införandet av programmet. Resultatet visade att den genomsnittliga stopptiden minskade och utnyttjandegraden ökade efter användningen av optimerade produktionssekvenser. På grund av inkonsekvent användning av L-Bit inom produktionen samt externa faktorer som påverkat resultatet har det dock varit svårt att dra konkreta slutsatser kring vilka effekter L-Bit medfört.

Personalens upplevda förändringar i arbetsutformningen undersöktes genom intervjuer. L-Bit bidrar enligt produktionsplaneraren till ökad säkerhet vid val av produktionssekvens då den mänskliga faktorn minskar. Operatörernas upplevda förändringar i arbetsbelastning och stressnivå har varierat på grund av skillnader i operatörernas kompetens samt den inkonsekventa användningen. Det går dock att konstatera att majoriteten har en negativ inställning till L-Bit på grund av kommunikationsbrister vid implementeringen. Förbättringsförslag för användningen av L-Bit är därför huvudsakligen att organisatoriska aspekter ses över för att företaget ska kunna etablera en konsekvent användning av programvaran.

Nyckelord: flödesoptimering, sekvensoptimering, sekvensplanering, manuellt monteringsflöde, balansering, mixed-model assembly line

ABSTRACT

This thesis has been conducted at Swegon in Kvänum, a company which each year produces around 9000 units within the HVAC (heating, ventilation, and air conditioning) industry. The company combines both high mix and high volume with a strong variation in work tasks as they offer several billion different product variants. When manufacturing a wide variety of products in an assembly line, the production sequence — the order in which products are assembled — and the balancing of the assembly line become more complex. For companies like Swegon, attention should therefore be given to sequencing optimization and balancing of assembly lines to even out the workload. This can be accomplished with the assistance of the production software L-Bit which within planning optimizes production sequences, and within production visualizes resource needs.

The purpose of this thesis was to give insight into how Swegon's production software works as well as what effects it has had on the assembly line and its personnel. Possibilities for improvement of the use of L-Bit have also been explored.

To analyse the effects which L-Bit has had on the production flow, an analysis of the quantitative data from before and after the implementation was conducted. The results showed that the average downtime reduced, and the degree of utilization increased after the use of optimized production sequences. However, because of inconsistent use of L-Bit within the production as well as external factors which have affected the results, it has been a challenge reaching concrete conclusions regarding the effects of L-Bit.

Changes in the personnel's work design were examined through interviews. According to the production planner, L-Bit contributes with a sense of safety when planning the production sequence as it limits the human factor. The change in workload and stress levels which the operators experienced varied as a result of the difference in levels of competence and the inconsistent use of L-Bit within the production, but the conclusion which can be made is that the majority have a negative view of L-Bit as a result of insufficient communication during the implementation stage. To address the problems, it is primarily recommended that organizational aspects are taken into consideration so that a more consistent use of the software may commence.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 SYFTE.....	1
1.3 AVGRÄNSNINGAR.....	1
1.4 PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNINGEN.....	2
2. TEORETISK REFERENS RAM	3
2.1 GRUNDLÄGGANDE PRODUKTIONSTEKNISKA BEGREPP.....	3
2.2 MONTERINGSFLÖDESSYSTEM.....	4
2.3 BALANSERING AV MONTERINGSFLÖDEN.....	4
2.3.1 <i>Balansering av MMAL</i>	5
2.3.2 <i>Utjämning av produktionen</i>	6
2.3.3 <i>Standardiserade processer</i>	6
2.4 OPTIMERINGSMODELLER.....	6
2.4.1 <i>Heuristiska algoritmer</i>	6
2.5 FÖRÄNDRINGAR I ORGANISATIONER.....	8
2.5.1 <i>Förändringsmotstånd</i>	8
2.5.2 <i>Förutsättningar för framgångsrik förändring</i>	9
2.6 PRODUKTIVITET.....	10
2.6.1 <i>Produktivitet enligt MPU-faktorerna</i>	10
2.7 SOCIAL HÅLLBARHET INOM ARBETSMILJÖ.....	12
3. METOD	13
3.1 LITTERATURSTUDIER.....	13
3.2 DATAINSAMLING.....	13
3.3 INTERVJUER.....	14
3.3.1 <i>Urval av respondenter</i>	14
3.3.2 <i>Reliabilitet och validitet vid kvalitativa undersökningar</i>	14
4. NULÄGESBESKRIVNING	16
4.1 LINA B.....	16
4.2 PROGRAMVARAN L-BIT.....	17
4.2.1 <i>Framtagning av produktionssekvenser med L-Bit</i>	17
4.2.2 <i>Simulering av produktionsprocesser</i>	20
4.2.3 <i>Planerade tillägg kopplade till L-Bit</i>	22
4.3 BEFATTNINGSBESKRIVNINGAR AV YRKESROLLER KOPPLADE TILL L-BIT.....	23
4.3.1 <i>Planerare</i>	23
4.3.2 <i>Värdeflödesledare</i>	23
4.3.3 <i>Gruppledare</i>	23
4.3.4 <i>Metodansvarig</i>	23
5. EFFEKTER AV L-BIT	24
5.1 KVANTITATIVA RESULTAT AV L-BITS INFÖRANDE.....	24
5.1.1 <i>Stopptid</i>	24
5.1.2 <i>Produktivitet</i>	24
5.1.3 <i>Kompetensutveckling</i>	25
5.2 KVALITATIVA RESULTAT AV L-BITS INFÖRANDE.....	26
5.2.1 <i>Kommunikation och delaktighet</i>	27
5.2.2 <i>Upplevda förändringar i arbetet</i>	28
5.2.3 <i>Förbättringsmöjligheter</i>	31
6. ANALYS OCH DISKUSSION	32
6.1 ANALYS OCH DISKUSSION AV KVANTITATIVA DATA.....	32
6.1.1 <i>Stopptid</i>	32
6.1.2 <i>Produktivitet</i>	32
6.1.3 <i>Kompetensmatriser</i>	33
6.2 ANALYS OCH DISKUSSION AV KVALITATIVA DATA.....	34
6.2.1 <i>Upplevda effekter vid användning av L-Bit</i>	34
6.2.2 <i>Kommunikation</i>	35

6.2.3 Förändringsmotstånd.....	36
6.3 FÖRBÄTTRINGSMÖJLIGHETER	37
6.4 METODREFLEKTION.....	38
6.5 FRAMTIDA ARBETEN	38
7. SLUTSATS.....	39
REFERENSLISTA.....	40
BILAGA 1	42
BILAGA 2	43
BILAGA 3	44
BILAGA 4	45
BILAGA 5	46
BILAGA 6	47
BILAGA 7	48

1. INLEDNING

I detta inledande kapitel presenteras bakgrunden till arbetet som behandlas i rapporten. Vidare beskrivs syftet, avgränsningarna samt vilka frågeställningar rapporten kommer att behandla.

1.1 Bakgrund

Tillverkningsindustrin har sett att trenden går mot ökad produktvariation och minskad produktionsvolym på kundens begäran (Neoh et al., 2010). Det innebär att snabbhet och flexibilitet inom industrin är avgörande för att möta kundernas krav och efterfrågan av ett ökat produktutbud (Lafou et al., 2016). Behovet av att göra produktionen mer flexibel har resulterat i att monteringsystem övergår alltmer till *mixed-model assembly lines* (MMAL), en typ av monteringslina där produktionens output består av varianter av samma basprodukt som skiljs åt av specifika kundanpassningar och tillval (Battini et al., 2008). Många företag med MMAL tillverkar en variantflora som fluktuerar dagligen och forskning kring vilka effekter teknologier från Industri 4.0 har vid dynamisk balansering av monteringsflöden saknas idag (Dolgui et al., 2022). Vid tillverkning av produktvariationer i ett monteringsflöde blir produktionssekvensen – ordningen som produkterna produceras i – och balanseringen av flödet mer komplicerat (Rekiek & Delchambre, 2006). För företag som arbetar med ett arbetsinnehåll som varierar kraftigt är balansering av monteringsflöden därför särskilt nödvändigt för att kunna utjämna arbetsbelastningen med hjälp av ett system som lägger upp produktionssekvensen.

Swegon är ett företag som verkar inom industrin för värme, ventilation och luftkonditionering, som internationellt benämns HVAC (heating, ventilation and air conditioning). Varje år producerar de cirka 9000 aggregat i deras fabrik i Kvänum som bland annat används i sjukhus, universitet och arenor. Swegon har en välutvecklad tillverkningsverksamhet som kombinerar både hög mix och hög volym med en stor variation i arbetsinnehållet. Då Swegon erbjuder flera miljarder olika produktvarianter är det en utmaning att med en jämn arbetsbelastning uppnå en optimerad produktionssekvens med samma taktid för alla varianter.

Användningen av mjukvaruprogram kan hjälpa till att möta utmaningar genom att tillhandahålla realtidsinformation för att på ett effektivare sätt hantera resurserna i monteringsflöden (Zandin, 2001). Swegon har som mål att, med hjälp av den molnbaserade programvaran L-Bit, uppnå en optimal beläggningsgrad, med samma taktid i huvudflödet oavsett variant och därmed minska variation i arbetsinnehåll vilket leder till minskad variation i bemanningsbehov.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att få en djupare förståelse för Swegons befintliga lösning L-Bit, hur det fungerar och vilka effekter det medfört för produktionen. Vidare ska undersökningen uppenbara vilka möjligheter och begränsningar systemet har och på så sätt utforma potentiella förbättringsförslag.

1.3 Avgränsningar

Studien innefattar en grundlig analys av påverkan som L-Bit har på verksamheten och avgränsas därför till Lina B, den enda linan där programvarans används i produktionen. Övriga linor kommer inte att observeras. Analysen av L-Bit kommer inte att utföras på kodnivå, utan det är först och främst

användningen och den överskådliga påverkan som programvaran har på produktionsflöde som kommer att studeras. Ekonomiska hänsynstaganden kommer inte att göras.

1.4 Precisering av frågeställningen

Examensarbetet har som ändamål att ge insikt i hur produktionsverktyget för optimering av sekvensplanering och bemanning i en MMAL fungerar i verkligheten genom att besvara följande frågor:

- Vad har implementering av L-Bit i den dagliga verksamheten haft för effekter på produktionsflödet i Lina B?
 - Vilka effekter har operatörerna upplevt efter implementeringen av L-Bit i Lina B?
 - Vilka effekter har produktionsplanerare och gruppledare upplevt efter implementeringen av L-Bit?
- Vilka förbättringsmöjligheter finns det för användning av L-Bit?

2. TEORETISK REFERENS RAM

I detta kapitel presenteras den teoretiska referensramen som använts under arbetet.

2.1 Grundläggande produktionstekniska begrepp

I nedanstående avsnitt förklaras olika begrepp som hanterats i arbetet.

Takttid

Takttid beräknas som den tillgängliga produktionstiden dividerat med antalet efterfrågade produkter enligt ekvation 2.1. Resultaten blir en tidsgräns som beskriver den teoretiska efterfrågehastigheten för kunden och den hastighet med vilken processen behöver producera för att möta kundernas efterfrågan (Holweg et al., 2018).

$$Takttid = \frac{Tillgänglig\ produktionstid\ under\ en\ tidsperiod}{Antal\ efterfrågade\ produkter\ för\ samma\ tidsperiod} \quad (2.1)$$

Cykeltid

Cykeltiden är ett mått på genomströmning och visar tiden med vilken en process, operatör eller maskin, producerar innan artikeln kan gå vidare till nästa station. Den snabbaste produktionshastigheten bestäms av den längsta cykeltiden (Holweg et al., 2018).

Genomloppstid

Genomloppstiden avser den tid en enhet spenderar i en process. Från när en enhet först kommer in i processen tills att den lämnar processen (Holweg et al., 2018).

Littles lag

Littles lag är en matematisk ekvation som anger att genomloppstiden T av en process ges av produktens cykeltid λ och antalet produkter i arbete N och beräknas enligt ekvation 2.2 (Holweg et al., 2018).

$$T = \lambda \times N \quad (2.2)$$

Metod tid mätning (MTM)

Metod tid mätning eller MTM är en managementmetod för att optimera tidsåtgången för en bestämd arbetsuppgift. MTM går ut på att en arbetsuppgift bryts ner i olika optimerade rörelser för att se hur lång tid de tar att utföra dem. Detta skapar en normal hastighet som arbetsuppgifterna ska utföras i, en standard, och är tiden en utbildad och erfaren arbetare behöver för att kunna slutföra arbetsuppgiften. (Zandin, 2001).

Sekvensbaserad aktivitets- och metodanalys (SAM)

Sekvensbaserad aktivitets- och metodanalys, även kallad SAM, är en vidareutveckling av MTM och går ut på att strukturera och gruppera rörelser och andra moment, främst för manuella arbeten. Detta görs genom att arbetsinnehåll i flödet i bryts ner i små beståndsdelar, som aktiviteter, som kan portioneras ut i sekvensriktig ordning på arbetsstationerna och skapa ett balanserat flöde (MTM-föreningen i Norden, 2018).

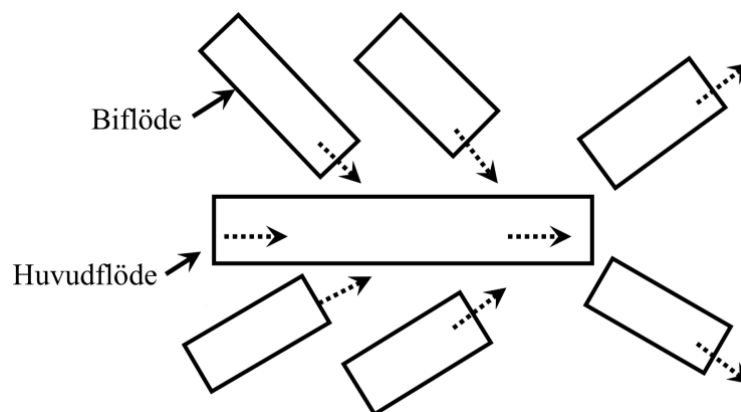
AviX Method

AviX Method är en programvara som använder sig av MTM-baserade standardtider för att exempelvis utföra tid- och metodstudier för att tidsätta arbetsoperationer och på så sätt skapa grunddata för bland annat balansering av processer (Solme AB, 2022).

2.2 Monteringsflödessystem

Ett monteringsflödessystem som hanterar stor kundanpassning kan enligt Dolgui et al. (2022) delas in i två delar: huvudflöde och biflöde (se figur 2.1). Syftet med att dela upp monteringsflödet, särskilt för komplexa produkter, är enligt Rekiek och Delchambre (2006) att uppdelning gör det enklare att hantera flödet. I huvudflödet genomförs olika uppgifter i en eller flera arbetsstationer för att skapa den slutliga produkten. Ett biflöde kan ha flera olika syften. Ett matande biflöde har enligt Dolgui et al. (2022) som syfte att ansvara för materialförsörjningen genom hantering och leverans av komponenter till olika stationer i huvudflödet. Exempelvis ska rätt komponent levereras i rätt tid, i rätt behållare och i rätt mängd. Vidare beskriver Dolgui et al. (2022) de tre huvudaktiviteterna för ett matande flöde som förberedelse, transport och materialhantering. Förberedelse avser alla processer relaterade till hantering och packning av delar i de lastbärare som används för att mata huvudflödet. Transport involverar enligt författarna processen att flytta komponenter från punkt A, där de är lagrade, till punkt B, där de är i behov. Materialhanteringen inkluderar alla processer som är relaterade till lagring av komponenter och produkter.

Utöver matande biflöden finns även biflöden vars syfte är att förmontera komponenter till huvudflödet där varje station i biflödet kan ha olika cykeltider och stationskrav (Rekiek & Delchambre, 2006)



Figur 2.1 Exempel på layout av huvudflöde och biflöden i monteringsystem (Rekiek & Delchambre, 2006).

2.3 Balansering av monteringsflöden

Balansering av monteringsflöden siktar enligt Boysen et al. (2008) på att utjämna arbetsbelastningen vid varje arbetsstation där alla typer av balanseringsproblem består av att hitta en genomförbar linjebalansering. Det beskrivs av författarna som en optimal tilldelning av arbetsuppgifter till varje station som uppfyller olika krav. Enligt Zandin (2001) fokuserar balanseringsproblemet på ett av följande tre ändamål; det första fokusområdet handlar om att hitta en kombination av cykeltid och

antal arbetsstationer som resulterar i minsta summan balanseringsförluster. Det andra handlar om att minimera antalet arbetsstationer i monteringsflödet vid en känd taktid vilket resulterar i en fast cykeltid. Det sista och tredje fokusområdet handlar om att minimera cykeltiden för ett givet antal arbetsstationer genom att balansera monteringslinan.

2.3.1 Balansering av MMAL

I MMAL antas det normalt sett att alla modeller är varianter av samma basprodukt som skiljer sig i specifika anpassningsbara produktattribut eller tillval. Omställningstiderna mellan olika varianter kan därmed reduceras tillräckligt för att den fysiska omställningen kan förbises så att flera produktvarianter kan monteras i samma lina. I MMAL leder montering av olika varianter till variationer i cykeltider vilket kan göra stationstider beroende av den specifika varianten som ska monteras (Boysen et al., 2008). Produktion av varianter i en lina har två huvudproblem varav det första handlar om att få rätt input på rätt plats vid rätt tillfälle och det andra problemet uppstår när sekvensplaneringen ska bestämmas för att motsvara efterfrågan (Rekiek & Delchambre, 2006). När flera arbetsintensiva varianter, det vill säga varianter med längre cykeltider, följer varandra i produktionssekvensen kan en överbelastning i linan uppstå enligt Battini et al. (2008) om taktiden överskrids. Vidare förklarar författarna att en överbelastning innebär att andra stationer tvingas vänta och bli stillastående. För att kompensera för en överbelastning kan bland annat buffertar användas eller att resurser tillfälligt ökas vid den överbelastade stationen med flexibla operatörer. Ytterligare en lösning som nämns av Boysen et al. (2008) är att optimera sekvensplaneringen.

Inom monteringsflöden som tillverkar flera varianter är det enligt Rekiek och Delchambre (2006) vanligt förekommande att lokala buffertar introduceras för att produktionsflödet ska hållas så jämnt som möjligt. Buffertar tillåter enligt författarna stationer att arbeta oberoende av varandra, vid brist på arbetare och vid skillnader i cykeltider. Stora buffertar kan öka bland annat genomloppstiden (se Littles lag) materialhanteringskostnaden och utrymmesbehoven. Det är därmed viktigt att buffertstorleken minskas så mycket som möjligt samtidigt som det tillåter stationer att arbeta oberoende. Storleken och placering av bufferten har enligt Battini et al. (2008) en stark påverkan på bland annat flödets produktionstakt och materialhandling. I MMAL, om buffertar används som lösning för att kompensera för överbelastningar, har buffertar således en särskilt kritisk roll eftersom monteringsaktiviteter tar olika lång tid för olika varianter.

För att reducera överbelastningar (och stilleståndstid) samtidigt som buffernivån kan hållas minimal kan företag enligt Battini et al. (2008) använda flexibla operatörer, som förflyttar sig till överbelastade stationer, eller flexibla stationer som kan montera delar av en variant. Battini et al. påpekar att båda dessa metoder kan vara dyra och inte alltid möjliga då det krävs speciella verktyg eller speciella färdigheter.

Genom att hitta sekvensplanering där arbetsintensiva varianter vilket orsakar höga cykeltider växlar med mindre arbetsintensiva varianter och leder till ett sekvenseringsproblem, kan överbelastningar reduceras (Boysen et al., 2008). Balansering- och sekvenseringsproblem är starkt beroende av varandra. Medan linjebalanseringen bestämmer vilka stationer som ska utföra vilka aktiviteter och bestämmer arbetsinnehållet per station och variant, är produktionssekvensen enligt Boysen et al. (2008) för en given variantmix ordnad utifrån detta med hänsyn till minsta överbelastning. Rekiek och Delchambre (2006) lyfter att när bestämning av sekvensplaneringen ska göras i en MMAL är det

vanligt förekommande inom industrin att sekvensplaneringen bestäms av tumregler där erfarenhetsfaktorer påverkar valet av produktionssekvensen vilket leder till acceptabla men inte nödvändigtvis optimala lösningar.

2.3.2 Utjämning av produktionen

Enligt Liker (2021) är det en utmaning att producera efter kundorder då kunden inte är förutsägbar vilket leder till ordermängder som kan variera från dag till dag. Liker påpekar även att risken med att producera kundanpassade produkter allteftersom de kommer in är att arbetsbelastningen kan vara hög en vecka och låg nästa vilket innebär att medarbetarna och utrustningen överarbetas för att sedan inte utnyttjas till fullo. Dessutom nämner han att det är oklart hur mycket man ska beställa in från leverantörer när antalet order varierar oförutsägbart så lagret fylls på mer än vad som i vanliga fall hade varit nödvändigt. För att hantera dessa utmaningar efter principen Heijunka skriver Liker (2021) att man istället för att producera efter ordningen som beställningarna läggs bör ta den totala mängden beställningar under en tidsperiod och sprida ut dem jämnt.

2.3.3 Standardiserade processer

Ytterligare en grundläggande metod för att bygga in kvaliteten i produktionsprocessen som Liker (2021) tar upp är att utforma standardiserat och stabiliserat arbete. Det han menar är att förbättringsarbeten inte kan ske utan att processen är standardiserad då eventuella förbättringar inte synliggörs när flera faktorer ändras samtidigt vilket leder till att det endast ses som en variation. För att åstadkomma standardisering rekommenderar Liker bland annat att man använder ett standardiserat arbetsblad, en beskrivning av alla arbetsmoment och tiden det tar att utföra rörelsen, som samtliga medarbetare följer. När processen är dokumenterad steg för steg och tiden det tar att utföra arbetsmomenten är stabila är det enligt Liker möjligt att ta det vidare och jämföra arbetsuppgifterna med takttiden och om nödvändigt balansera arbetsbelastningen så att ingen process överskrider den planerade cykeltiden.

2.4 Optimeringsmodeller

I komplexa industrimiljöer används enligt Zandin (2001) optimeringsmodeller som är utformade för att lösa invecklade problem med en mångfald av alternativa lösningar. Alternativen som är tillgängliga för att implementera en verksamhetsplan skapar ett behov av att utveckla systematiska processer för att välja det eller de alternativ som är mest gynnsamma. Zandin förklarar vidare att ett optimeringssystem generellt kan betraktas som ett resursfördelningsproblem där begränsade resurser tilldelas aktiviteter på ett sätt som maximerar eller minimerar värdet för ett valt prestationsmått tillsammans med systemets begränsningar.

2.4.1 Heuristiska algoritmer

På grund av den ökade komplexiteten av matematiska formler vid hantering av MMAL balanseringsproblem föreslås ofta heuristik som en alternativ lösning (Hu et al., 2011). Heuristik innefattar systematiska approximationsmetoder och används enligt Eiselt och Sandblom (2000) inom matematisk programmering för att hitta bra eller nästintill optimala lösningar på optimeringsproblem. Trots att det inte är garanterat att en optimal lösning identifieras har heuristik flera användningsområden som beskrivs av författarna. Heuristiska metoder används bland annat när en exakt lösningsmetod inte är känd, när den exakta lösningsmetoden är för beräkningsintensiv för att vara användbar, och för att hitta gränser för en optimal lösning. Ett exempel på det andra fallet som

författarna nämner är när flexibla tillverkningsystem kräver effektiva algoritmer för schemaläggning och dirigering av aktiviteter i realtid. I sådana fall föredras heuristiska metoder över exakta lösningsmetoder som tar för lång tid på sig att beräkna den optimala lösningen. Ett exempel på en sådan heuristisk algoritm är Palmer. Enligt Abednego et al. (2021) går Palmers algoritm ut på att minska den totala genomloppstiden för samtliga processer genom att beräkna lutningsindexet för varje process och sedan ordna processerna i fallande ordning baserat på lutningsindexet. Lutningsindexet A_j för produkt j beräknas med hjälp av ekvation 2.3 där m är antalet maskiner i flödet och p_{ij} är processtiden som krävs för maskin i att utföra process j .

$$A_j = - \sum_{i=1}^m \{m - (2i - 1)\} \times p_{ij} \quad (2.3)$$

Utöver individuella heuristiska algoritmer som är gjorda för att lösa specifika problem finns även metaheuristiska algoritmer som genetiska algoritmer vars ramverk inkluderar principer som ibland baseras på naturliga eller fysiska processer och en uppsättning kontrollparametrar (Eiselt & Sandblom, 2000).

2.4.1.1 Giriga algoritmer

Algoritmer för optimeringsproblem går enligt Cormen et al. (2009) vanligtvis igenom en rad steg med olika val. Individuella heuristiska algoritmer som giriga algoritmer väljer alltid det mest optimala alternativet för varje steg. Att välja de lokalt mest optimala alternativen leder enligt författarna inte alltid till globalt optimala lösningar men för många problem är lösningarna acceptabla.

2.4.1.2 Genetiska algoritmer

Genetiska algoritmer tillhör enligt Eiselt och Sandblom (2000) kategorin metaheuristiska algoritmer vars huvudsakliga syfte är att hantera problem som det inte finns någon specialiserad algoritm för. Metaheuristiska metoder förväntas inte alltid överträffa specialiserade heuristiska metoder men Eiselt och Sandblom noterar att studier har visat att vissa metaheuristiska metoder genererar likvärdiga eller bättre lösningar för några välkända problem som exempelvis *Traveling Salesman Problem* (TSP). TSP är enligt författarna ett av de mest studerade problemen inom kombinatorisk optimering och går ut på att en försäljare söker den kortaste vägen för att besöka ett givet antal städer där varje stad besöks exakt en gång och start- och slutpunkten är densamma. En ökning av antal städer ger en exponentiell ökning i möjliga konfigurationer.

För många av de komplexa balansering- och sekvenseringsproblem inom tillverkningsindustrin saknas individuella heuristiska algoritmer (Eiselt & Sandblom, 2000), därav användningen av genetiska algoritmer som enligt Man et al. (2001) är en effektiv metod för optimering av produktionsplanering och schemaläggning. Genom att tillhandahålla realtidsinformation för att på ett effektivare sätt hantera monteringsflödesresurser kan genetiska algoritmer implementeras för att hitta lösningar till optimeringsproblem av olika typer (Zandin, 2001). Zandin (2001) förklarar att genetiska algoritmer applicerar den darwinistiska principen av naturligt urval för att i så hög grad som möjligt uppfylla den bestämda målfunktionen. Användandet av genetiska algoritmer inom optimeringsmodeller för sekvenseringsproblem bidrar således till framtagningen av optimerade sekvensplaneringar.

Den genetiska algoritmens funktion beskrivs av Zandin (2001) i fem steg. Förklaringarna styrks även av Man et al. (2001). I det första steget genereras ett antal lösningar slumpmässigt. Denna uppsättning av lösningar representerar populationen i en genetisk algoritm. I det andra steget utvärderas varje lösning i populationen och tilldelas ett "fitness score" som mäter hur väl denna lösning uppfyller målfunktionen. Det tredje steget går ut på att reproducera lösningar för överlevnad baserat på det "fitness score" som tilldelats. Reproduktion är probabilistisk vilket innebär att ju bättre lösningen passar målfunktionen, desto mer sannolikt är det att den väljs för överlevnad. Nya lösningar skapas från de överlevande lösningarna i det fjärde steget känd som rekombination. De två formerna av rekombination som används av genetiska algoritmer är korsning och mutation. I korsning byter två överlevande (d.v.s. föräldrar) ut delar av sina konfigurationer som representerar deras respektive lösningar. Resultat av korsning är bildandet av två avkommalösningar som var och en har egenskaper från båda föräldrarna. Den andra formen av rekombination är mutation där konfigurationen av en ensamstående förälder ändras slumpmässigt. Denna mutation resulterar i en ny avkommalösning som skiljer sig från sin förälder. I det femte steget, ersättning, blir de nybildade lösningarna nästa generations population. Steg två och fem upprepas sedan tills ett slutkriterium uppnås. Genetiska algoritmer kan iterativt utveckla allt bättre lösningar på ett problem som bibehåller en mångfald av lösningar. Detta tillvägagångssätt hjälper sökningen att undvika att fastna vid lokala minimum eller maximum i målfunktionen.

2.5 Förändringar i organisationer

För att det ska vara möjligt för organisationer att sträva efter kontinuerlig förbättring av den befintliga produktionen samt främja innovation inom verksamheten måste de enligt Jacobsen och Thorsvik (2021) vara kapabla till att hantera förändringskrav och anpassa sig till nya förväntningar. De typer av förändringar som författarna preciserar är förändring av uppgift, teknik, mål eller strategi, förändring i organisationens struktur, förändring av organisationens kultur, förändring av de demografiska förhållandena, samt förändring i processer.

2.5.1 Förändringsmotstånd

Reaktionsfaser som är vanliga vid förändringar som man inte är förberedd på är enligt Jacobsen och Thorsvik (2021) chock, förnekelse, depression, motvillig acceptans, utprovning, konsolidering och till sist anpassning. Förändringsmotstånd grundar sig ofta enligt författarna i känslomässiga orsaker som exempelvis att individen vill försvara något som är känt. Tabell 2.1 nedan är en sammanställning av tio möjliga orsaker till förändringsmotstånd som författarna har lyft fram.

Tabell 2.1. Tio orsaker till att det kan uppstå motstånd mot förändring.

Orsak	Förklaring
Fruktan för det okända	Vid förändring lämnar man bakom sig något som är välkänt och bekvämt för att implementera något okänt. Vid tidigare missnöje kopplat till förändring är sannolikheten till motstånd vid senare förändring högre.
Brytningen av ett psykologiskt kontrakt	Det finns i princip alltid oskrivna förväntningar mellan organisationsmedlemmar och ledningen, alternativt övriga medlemmar i organisationen. Genom att bryta förväntningarna kan

	individen känna sig förledd, särskilt om förväntningarna hade en inverkan på individens acceptering av anställningen.
Förlust av identitet	Individer som har arbetat en tid kan ha funnit mening i arbetet och identifierat sig med det. En förändring av organisationen kan därför orsaka känslor av förlorad identitet.
Den symboliska ordningen förändras	Organisationer består av symboler som ges en mening. Vid förändring ändras ofta symboliska ordningar som till exempel att anställda byter kontor som de är bekväma i och har känslor kopplade till.
Maktrelationer förändras	Maktrelationer kan påverkas av förändringar. Motstånd observeras då ofta bland individer som förlorar en del av sin makt, till exempel genom att förlora rätten till information eller att delta i beslutsforum.
Krav på kompetensutveckling	Förändring av befattning ställer krav på att individer omvärderar sin kunskap och breddar sin kompetens. Ju mer specifik kompetensen som blir oanvändbar är desto större motstånd uppstår.
Temporärt extraarbete	Ytterligare aktiviteter läggs på det befintliga arbetet under förändringsperioden vilket kräver mer resurser av en möjligtvis redan ansträngd arbetssituation.
Sociala band bryts	Omorganisering kan innefatta ändring av uppdelning av personal vilket kan leda till att kontakt mellan kollegor förloras.
Utsikter till personlig förlust	Förändring av organisationer kan innebära att karriärmöjligheter försvinner eller att anställda förlorar jobbet.
Externa aktörer vill ha stabilitet	Förändring av organisationer påverkar även externa aktörer som kan uppleva att de förlorar något.

Förändringsmotstånd är enligt Jacobsen och Thorsvik (2021) inte alltid negativt utan det utgör en möjlighet för organisationen att diskutera och tänka igenom förändringsprocessen och förändringsstrategierna mer utförligt. Författarna tillägger dock att det inte gäller destruktivt förändringsmotstånd som bland annat uppstår när särintressen går över organisationens bästa.

2.5.2 Förutsättningar för framgångsrik förändring

En kritisk aspekt av ett lyckat förändringsarbete är acceptans och stöd från organisationens medlemmar (Caldwell et al., 2007). Enligt den skandinaviska förändringsmodellen, även kallad organisationsutveckling, beskrivet av Jacobsen och Thorsvik (2021) bör en förändring genomgå tre faser: upptining, förändring och nedfrysning. Författarna beskriver att den första fasen, upptiningsfasen, fokuserar på att skapa motivation för förändring genom att etablera ett tydligt behov av att något måste göras. De tillägger att det även är viktigt att vid det här stadiet belysa det som kommer att förbli stabilt och reducera fruktan för förändringen för att skapa psykologisk trygghet. Efter upptiningsfasen implementerar organisationen förändringen. Nedfrysningsfasen som följer är

enligt författarna till för att stabilisera och rutinerar de nya åtgärderna och se till att de nya inställningarna och det faktiska beteendet stämmer överens.

Hur framgångsrika förändringar ser ut beror på förutsättningar och sammanhang, men enligt Jacobsen och Thorsvik (2021) finns det kännetecken som är återkommande. Det som de nämner är bland annat att det som sagt måste skapas en känsla av att förändringen är nödvändig, att företaget i fråga har tillgängliga resurser och ledare som är kapabla att leda förändringen, att hela organisationen förstår syftet med förändringen och organisationens vision, samt att de som berörs känner att de har möjlighet att dela sina åsikter och påverka det som händer. Det sistnämnda är särskilt betonat som en central del i organisationsutveckling.

Jacobsen och Thorsvik (2021) tillägger att organisationsutveckling bygger på att det inte råder konflikt mellan olika grupper inom organisationen då det grundar sig i ett harmoniperspektiv. Det är enligt författarna en förutsättning att organisationens medlemmar vill utvecklas och vara aktivt deltagande under processen, vilket styrks av Klev och Levin (2012).

2.6 Produktivitet

Produktivitet är en avgörande faktor för konkurrenskraften för tillverkningsföretag i högkostnadsländer. På stationsnivå är en typisk definition av produktivitet antalet produkter producerade per planerad produktionstimme (Almström, 2013). För att mäta verklig produktivitet har bedömningsmetoden *Productivity Potential Assessment* (PPA) skapats (Almström och Kinnander, 2011). PPA-studier har enligt Almström (2013) visat att många företag inom svensk tillverkningsindustri saknar kunskap när det kommer till produktivitet, särskilt inom manuellt arbete. Bristen på kunskap innefattar bland annat definitioner, mått och förbättringar. Den generella definitionen och beräkningen av produktivitet är enligt Sakamoto (2010) output genom input enligt ekvation 2.4

$$\text{Produktivitet} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (2.4)$$

2.6.1 Produktivitet enligt MPU-faktorerna

Produktiviteten kan på aktivitetsnivå öka genom bättre metod, ökad prestation och ökat utnyttjande. För att mäta produktiviteten för varje aktivitetsnivå används MPU-faktorerna (Almström, 2013). Produktiviteten beror här på tre faktorer M , P och U som står för metod, prestation och utnyttjandegrad och kan beräknas enligt ekvation 2.5.

$$\text{Produktivitet} = M \times P \times U \quad (2.5)$$

Metodfaktorn (M) definieras enligt Almström (2013) som den ideala produktiviteten för aktiviteten och innebär den ideala arbetsmetoden som har tagits fram och bestämts med hjälp av förutbestämda tidsystem, exempelvis MTM-SAM. Vidare beskriver Almström (2013) att detta speglar en ideal produktivitet där inga störningar framkommer och alla operatörer arbetar precis som de ska enligt instruktioner. Till M -faktorn finns två multiplikatorer, prestationsfaktorn (P) och utnyttjandegraden

(U), som i majoriteten av fallen resulterar i att produktiviteten blir mindre än idealet. Faktorerna M , P och U kan delas upp underfaktorer, se tabell 2.2.

Tabell 2.2 MPU-faktorerna samt deras respektive underfaktor och förklaring.

Faktor	Underfaktor	Förklaring
Metod		Hur arbetet är utformat för att fungera i idealfall efter satta normer
Prestation	Personberoende	Fysisk förmåga och motivation till att arbeta fort, oberoende av arbetsuppgift
	Färdighetsberoende	Individens färdighetsgrad att utföra en specifik arbetsuppgift beroende på upplärning och erfarenhet
Utnyttjandegrad	Personliga behov	Behovet av avkoppling och egentid, regleras ofta av avtal
	Systemberoende	Förluster som beror på systemets utformning, kan vara balanseringsförluster i monteringslinor
	Störningsberoende	Förluster som beror på slumpmässiga störningar

Prestationsfaktorn (P) motsvarar enligt Almström (2013) och Sakamoto (2010) hastigheten i arbetet, det vill säga hur fort en arbetare rör sig och rörelsernas snabbhet, i förhållande till den ideala cykeltiden som sätts av metoden. Prestationsfaktorn är individuell och beror på hur snabbt individen föredrar att arbeta, fysiska begränsningar samt färdighetsnivå. Den färdighetsberoende prestationsgraden accepteras och redovisas av många organisationer, detta gäller dock inte för den personberoende prestationsgraden. Genom mätningar i produktionen går det att påvisa att olika arbetare utför arbeten olika snabbt. Om arbetaren är fullt upplärd finns andra förklaringar till en lägre prestation, motivation och fysisk förmåga är exempel på några (Almström, 2013).

Den tredje faktorn, utnyttjandegraden (U), representerar enligt Almström (2013) den tid som går åt till att utföra det avsedda arbetet i förhållande till den totala planerade tiden. Den planerade tiden definieras vanligtvis som den betalda arbetstiden subtraherat med planerade stopp, som möten eller planerade underhåll. Utnyttjandegraden kan aldrig överstiga 100 procent och för utnyttjandegraden finns tre olika typer av förluster: personliga behov, systemförluster och störningsberoende (Almström, 2013).

I svenska företag är det förekommande att den överenskomna tiden för personliga behov används som betalda fikapauser istället för att vara utspritt under arbetsskiftet och som tas efter behov. I praktiken behöver arbetare fortfarande utnyttja tid åt personliga behov vilket resulterar i en dubbel personlig tid och således en dubbel förlust i personlig utnyttjandegrad. Systemberoende förluster är i huvudsak balanseringsförluster som beror på systemets utformning. För manuella monteringslinor är denna faktor i regel liten men i MMAL kan denna faktor vara större på grund av ökade balanseringsförluster. Den tredje faktorn som är störningsberoende innefattar slumpmässiga fel och

störningar som i planeringen bör tas höjd för med syfte att planeringen ska vara så realistisk som möjlig (Almström, 2013).

2.7 Social hållbarhet inom arbetsmiljö

Trots stora framsteg som gjorts inom automatisering av monteringsprocesser finns det fortfarande många monteringsystem som huvudsakligen eller helt är beroende av manuellt arbete. Den tidsåtgången som krävs för arbetsuppgifter under manuellt arbete är ofta föremål för stokastiska avvikelser (Boysen et al., 2008). De stokastiska avvikelserna kan bero på prestationsförmågan hos mänskliga arbetare vilket enligt Arbetsmiljöverket (2002) beror på en mängd olika faktorer som motivation, arbetsmiljö eller psykisk och fysisk stress. En hög repetitivitet av elementära operationer kan leda till brist på motivation och låg grad av tillfredsställelse vilket betraktas som en stor utmaning med manuell monteringsproduktion (Boysen et al., 2008).

Enligt Arbetsmiljöverket (2002) finns flertalet psykosociala faktorer eller riskkällor till ohälsa i alla arbeten. När arbete med stor arbetsmängd, högt arbetstempo eller arbete under tidspress tillsammans kombineras med små möjligheter att påverka den egna arbetssituationen kan det bidra till konsekvenser i ohälsa och sjukdomar. Att fördela arbetet och ge hjälp med att prioritera arbetsuppgifterna är åtgärder som kan göras för att minska stressen. Ensidigt, upprepat och monotont arbete ger enligt Arbetsmiljöverket små möjligheter till utmaning och till personlig och yrkesmässig utveckling. Det är även en förklaring till understimulering som kan bidra till ohälsa. För att göra arbetet mindre monotont skriver Arbetsmiljöverket att arbetsinnehållet kan utvidgas vilket ofta kopplas till kompetensutveckling. Snabba förändringar och nya arbetsförhållanden kan upplevas som påfrestande. Särskilt den tekniska utvecklingen innebär ofta att nya uppgifter tillkommer. Mängden information ökar och blir en påfrestning. Att ge kompletterande kunskaper är grundläggande samt att få delta i förändringsarbetet är viktigt för att förebygga ohälsa (Arbetsmiljöverket, 2002).

Vidare beskrivs icke-väldefinierade arbetsuppgifter och ansvarsområden som riskfaktorer till stress. Grunden till dessa förhållanden beskrivs ligga i oklara mål eller oklar arbetsfördelning. En tydlig styrning med information och introduktion är därav betydelse för att förebygga ohälsa. Vid brist på tillräckliga resurser för det arbete som ska utföras leder det till en obalans i förhållande till kraven i arbetet som i sin tur leder till en ohälsosam arbetsbelastning (Arbetsmiljöverket, 2016). Arbetsinnehåll innebär här vilka arbetsuppgifter som ska utföras, förväntade resultat och arbetssätt.

Jacobsen och Thorsvik (2021) beskriver tre psykologiska tillstånd som behöver vara uppfyllda hos arbetare för att främja motivation och prestation i arbetet. Det första tillståndet är känslan av att ha meningsfulla arbetsuppgifter. Det andra är känslan av att ha personligt ansvar för resultaten av arbetet och det tredje är kunskap om resultat som gör det möjligt för individen att avgöra om ett resultat är bra eller dåligt. Dessa tre kritiska psykologiska tillstånd är beroende av egenskaper i arbetsuppgifterna.

3. METOD

I detta kapitel presenteras och förklaras de metoder som valts vid genomförandet av arbetet i syfte att besvara rapportens frågeställningar.

3.1 Litteraturstudier

För att lägga grunden för arbetet gjordes inledningsvis en förberedande litteraturstudie. De beaktade ämnena som studerades var i huvudsak balansering av monteringsflöden, balansering av MMAL, och optimeringsalgoritmer. Parallellt med de datainsamlingsmetoder som beskrivs nedan gjordes ytterligare litteraturstudier för att samla in relevant teori till den teoretiska referensramen i kapitel 2.

3.2 Datainsamling

För att kunna besvara frågeställningen “Vilka förbättringsmöjligheter finns det för användning av L-Bit?” krävdes en nulägesanalys för att få en bättre förståelse för hur L-Bit används, dess problemområden och vilka effekter den har på monteringsflödet. Detta genomfördes med både kvalitativa och kvantitativa metoder. De två vanligaste kvalitativa metoderna är observationer och intervjuer varav båda valdes eftersom de enligt Eliasson (2010) går att anpassa efter individuella situationer samt undersökningens utveckling.

Informell datainsamling genom naturalistiska observationer utfördes under två besökstillfällen i fabriken. Informell datainsamling innebär enligt Eliasson (2010) större flexibilitet då observatören antecknar det som är av intresse. Det ökar dock enligt författaren risken att observatören endast registrerar information som stärker hypotesen. Naturalistisk observation utmärks enligt Eliasson (2010) av att observatören iakttar och förhåller sig passivt till miljön. Vidare beskriver Eliasson att när dessa observationer görs finns ingen möjlighet att påverka omgivningen utan den studeras utan några inflytanden från observatören. Fördelen som Eliasson nämner är att validiteten och reliabiliteten förbättras eftersom det material som fås fram är i regel autentiskt. Nackdelen är att den eller de observerande deltagarna kan ha egna avsikter med materialet. Eftersom observationerna som gjordes endast syftade till att få en bild av nuläget ansågs därmed nackdelen inte vara en större risk under observationstillfällena.

I enlighet med de kvantitativa metoderna gjordes även en analys av efterfrågad sekundärdata från Swegon för att effekterna av användningen av L-Bit skulle kunna studeras och analyseras samt för att besvara frågeställningen “Vad har implementeringen av L-Bit i den dagliga verksamheten haft för effekter på produktionsflödet i Lina B?”. Den efterfrågade kvantitativa datan bestod av den uppmätta produktiviteten och stopptiden från före och efter införandet av L-Bit från Lina B. Även kompetensmatriser analyserades från efter införandet av L-Bit.

Den kvalitativa och kvantitativa datainsamlingen sammanställdes sedan i rapportens resultatdel där en analys påbörjades och vidare diskuterades. Med intervjuresultaten utfördes analyser av vilka effekter användningen av L-Bit medfört samt vilka begränsningar och förbättringsmöjligheter som finns vid användning av L-Bit. Den tillhandahållna kvantitativa datan användes för att analysera vilka konkreta effekter L-Bit har haft på produktionsflödet i Lina B.

3.3 Intervjuer

För att kunna besvara frågeställningen “Vilka upplevda effekter har operatörerna och produktionsplanerare efter implementeringen av L-Bit i Lina B?” gjordes en kvalitativ undersökning i form av individuella intervjuer. Syftet med att intervjua respondenter individuellt gjordes för att respondenter inte skulle påverkas av andra respondenters svar. De kvalitativa intervjuundersökningarna genomfördes som semistrukturerade intervjuer där intervjufrågorna delades upp i tre teman: kommunikation och delaktighet, upplevda skillnader i arbetet och förbättringar.

Semistrukturerade intervjuer tillåter till skillnad från strukturerade intervjuer för situationer där intervjuaren har en uppsättning frågor som kan beskrivas som en intervjuguide (se bilaga 1). Frågornas ordningsföljd i en semistrukturerad intervju kan enligt Bryman och Bell (2011) variera och intervjuaren har utrymme att ställa uppföljningsfrågor till svar vilket uppfattas som viktiga. Vid semistrukturerade intervjuer är frågorna även mer allmänt formulerade än vid strukturerade intervjuer. Patel och Davidson (2003) beskriver att en frågeformulering med en lägre grad av standardisering lämnar ett större svarsutrymme för respondenten att svara på frågorna med sina egna ord och upplevelser. Intervjufrågorna formulerades därav efter en låg grad av standardisering eftersom det tillsammans med en lägre grad av strukturering enligt Patel och Davidson tillåter resultat som i högre utsträckning går att göra kvalitativa analyser. Semistrukturerade intervjuer valdes således eftersom denna typ av struktur gör det möjligt att täcka in flera områden och respondenten har större frihet att utforma svaren på sitt eget sätt samtidigt som det i hög utsträckning går att göra kvalitativa analyser av.

Samtliga intervjuer inleddes med en presentation av vad syftet med intervjun var och en förklaring av varför arbetet gjordes. Vidare försäkrades operatörerna att de skulle anonymiseras för läsaren då det enligt Trost (2010) är en förutsättning för forskningsintervjuer. Genom att förbli anonyma fick operatörerna möjlighet att svara på frågorna så ärligt som möjligt utan att känna sig begränsade av eventuella konsekvenser.

3.3.1 Urval av respondenter

Vid urval av respondenter valdes intervjuerna att genomföras med de yrkesroller som påverkats i större utsträckning av införandet av L-Bit. Respondenterna bestod av sju operatörer inklusive tre metodansvariga från Lina B, grupplederen för Lina B, värdeflödesledaren samt produktionsplaneraren. Operatörerna valdes baserat på erfarenhet då det är av stor betydelse att de har varit närvarande både före och efter användningen av L-Bit. Antalet operatörer som intervjuades bestämdes i mån av tid och tillgänglighet vid besöket när intervjuerna genomfördes.

3.3.2 Reliabilitet och validitet vid kvalitativa undersökningar

Reliabilitet, eller tillförlitlighet, rör enligt Bryman och Bell (2011) frågan om huruvida utfallet från en undersökning skulle bli densamma om den genomfördes på nytt eller påverkades av slumpmässiga eller tillfälliga betingelser. Validitet handlar enligt Bryman och Bell (2011) om en bedömning av de slutsatser som genereras från en undersökning hänger ihop eller inte.

Bryman och Bell (2011) förklarar att extern reliabilitet i kvalitativ forskning står för den utsträckning i vilken en undersökning kan replikeras. Vidare beskriver författarna intern reliabilitet inom kvalitativ

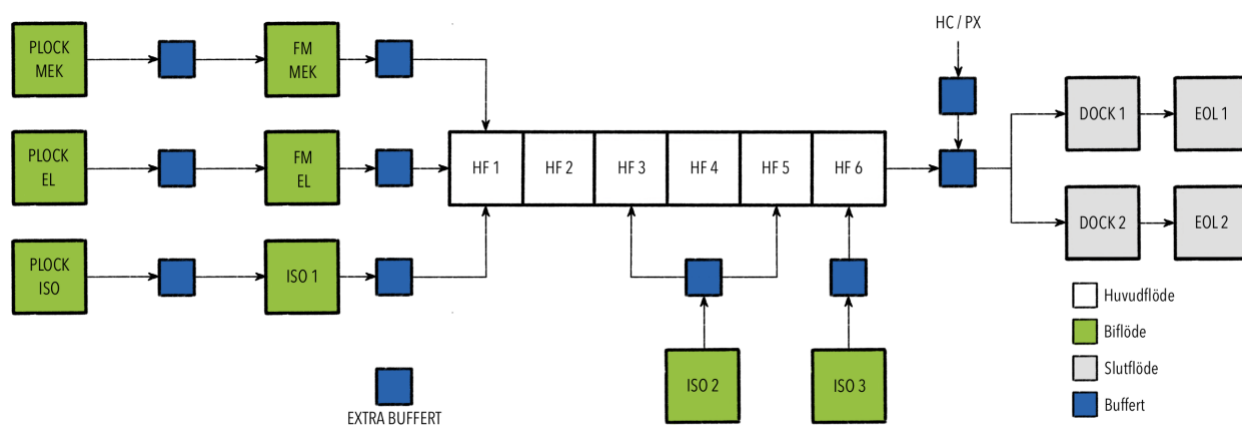
forskning att personerna som genomför undersökningen tillsammans kommer överens om hur de ska tolka det de ser och hör. Vid kvalitativa undersökningar är det i de flesta fall svårt att uppfylla en hög reliabilitet eftersom det enligt Bryman och Bell (2011) är omöjligt att "frysa" både den sociala miljön och även de sociala betingelser som gäller vid den tidpunkt för när en inledande studie genomförs. För att ge en högre intern reliabilitet togs en ljudupptagning vid samtliga intervjutillfällen för alla respondenter för att säkerställa att alla svar från intervjuerna kom med för att sedan kunna transkriberas. En ljudupptagning av intervjusvaren ökar den interna reliabiliteten eftersom författarna kan lyssna på svaren under flera tillfällen för att kunna diskutera och komma överens om hur intervjusvar ska tolkas. Ett större urval av operatörer hade kunnat ge en högre validitet där intervjuer genomförs tills svaren anses vara mättade, men på grund av begränsad tid och tillgänglighet var det inte möjligt.

4. NULÄGESBESKRIVNING

I nedanstående kapitel ges en beskrivning av Lina B samt hur L-Bit används inom planering och produktion i nuläget. Här inkluderas även planerade tillägg och ändringar inom linan i syfte att främja användandet av L-Bit. Beskrivningen som ges baseras på löpande dialoger med projektledare samt författarnas tolkningar från observationstillfällen.

4.1 Lina B

Lina B består av tre biflöden, ett huvudflöde (HF), samt slutflödena Dockning (DOCK) och End-of-Line (EOL) som illustreras i figur 4.1. Den matande delen av biflödena som ansvarar för materialförsörjning benämns PLOCK och den förmonterande delen utgörs av Elektronik (EL), Mekanik (MEK) och Isolering (ISO). Mellan stationerna finns buffertar placerade. Bufferten efter huvudflödet fylls även av arbetsintensiva aggregat som förmonteras utanför linan. Initialt var PLOCK inte med i L-Bit men det integrerades i systemet under vintern 2021 efter en uppdatering av avdelningens tidsunderlag.



Figur 4.1 Flödeskartan över Lina B.

Huvudflödet producerar efter en fast takttid oavsett vilken variant som produceras medan biflödenas stationsmontering har en cykeltid som varierar beroende på varianten. På Lina B produceras fem olika storlekar på ventilationsaggregaten. I deras standardutförande är de större storlekarna mer arbetsintensiva men på grund av alla möjliga tillval som finns tillgängliga kan ett mindre aggregat vara lika eller mer arbetsintensivt än ett större.

Monteringsteamet på dagsskiftet består av cirka 26 operatörer vars roll i Lina B är att bemanna flödet optimalt efter tillgängliga resurser och aktuell belägningsgrad. I operatörernas arbete ingår även hantering av störningar. Innan implementeringen av L-Bit kunde montörerna endast se genomsnittligt bemanningsbehov per station mot genomsnittlig årsmix av varianter. Att visuellt se över buffertnivån i flödet upplevdes tidigare som svårt. Det var även en utmaning att förutse behovet av att justera bemanningen mellan stationerna i Lina B. Operatörerna arbetade innan L-Bit alltid mot att fylla buffertnivåerna för att möjliggöra utjämning vid eventuella störningar. Med stöd av L-Bit är det tänkt att operatörerna ska utnyttja buffertnivåerna för att effektivisera arbetsprocessen och känna sig tryggare i att full buffert inte behövs då det är möjligt att se vilka varianter som ska produceras längre fram.

4.2 Programvaran L-Bit

I slutet av 2020 införde Swegon den molnbaserade programvaran L-Bit som används för sekvensplanering och simulering för beräkning av resursbehov. L-Bit är framtaget av företaget Salvagnini och utvecklas löpande tillsammans med Swegon. Användningen av L-Bit är i huvudsak uppdelat i två delar: planering och produktion. För planering sker framtagning av optimala produktionssekvenser och för produktionen utförs simuleringar för vald produktionssekvens som genererar information som visualiseras i operatörsvyn. L-Bit använder olika algoritmer för att optimera balanseringen av monteringsflödet med hänsyn till den fasta takttiden och styra variationer i buffertnivåer mellan biflödena och huvudflödet för att jämna ut produktionen. I produktionen fungerar L-Bit som ett verktyg för att operatörerna ska kunna ta faktabaserade beslut. Det beräknar och visualiserar hur linan bör bemannas genom att beräkna behoven vid de olika arbetsstationerna. Genom att utnyttja skillnader i produktvarianternas arbetsintensitet kan variationen i bemanningsbehovet komma så nära genomsnittet som möjligt.

Användningen av L-Bit inom produktionen har, till skillnad från planeringen, inte använts konsekvent sedan införandet, utan en omstart av projektet påbörjades under examensarbetets gång. Swegons mål med användningen av L-Bit är att genom utjämning av produktionsflödet och effektivisering av monteringsprocessen matcha anslagen tid med arbetad tid, det vill säga utnyttjandegraden, och på så sätt öka produktiviteten.

L-Bit använder sig av tillverkningsorder och konfigurationsdata som hämtas från Swegons affärssystem. Det hämtar processteg med arbetsordning och resursbehov från Casat för orderkonfigurerade arbetsinstruktioner. Casat är företagets MES-system (*manufacturing execution system*) som används för produktionsberedning samt digitala instruktioner till operatörer vid manuell tillverkning. Tidsunderlagen som använts har tagits fram med MTM-SAM metoder, AviX Method samt klockstudier. Grundberäkningarna som L-Bit har tagit fram med hjälp av tidsunderlagen representerar en ideal arbetsutformning som inte tar hänsyn till faktorerna prestation och utnyttjandegrad. För att simuleringarna ska vara applicerbara i produktionen kompenseras variationer i den färdighetsberoende prestationen och utnyttjandegraden med fler operatörer än L-Bits föreslagna minimum.

Nya balanseringar av Lina B har gjorts där nytt tidsunderlag tagits fram, aktiviteter flyttats till andra stationer samt ändringar i processtegen i Casat. L-Bit kan med informationen från Casat analysera beläggningsgraden per station för samtliga varianter för att verifiera att balanseringen resulterar i minsta möjliga summan balanseringsförluster. För vissa mer arbetsintensiva varianterna har dock balansering av aktiviteterna inte lyckats medföra att cykeltiden hamnar under takttiden.

4.2.1 Framtagning av produktionssekvenser med L-Bit

För att schemalägga produktionssekvenser för Lina B använder planeraren L-Bit. Planeringen utförs varje dag, tre dygn före start av slutmontering för de aktuella orderna. L-Bit simulerar olika produktionssekvenser utifrån algoritmerna: *Heuristic*, *Heuristic Balanced*, *TSP*, *1 small 1 big*, *2 big 1 small*, *2 small 1 big* och *Palmer*. Med dessa algoritmer är det möjligt att få fram optimerade produktionssekvenser med fler arbetsintensiva varianter på samma bemanning. Huvudmålen med algoritmerna är att hitta den mest optimala produktionssekvensen för att kunna:

- 1) balansera monteringsflödet med hänsyn till den satta takttiden genom att minimera genomloppstiden,
- 2) utjämna produktionen för att inte tömma buffertlagren mellan huvudflödet och biflödena.

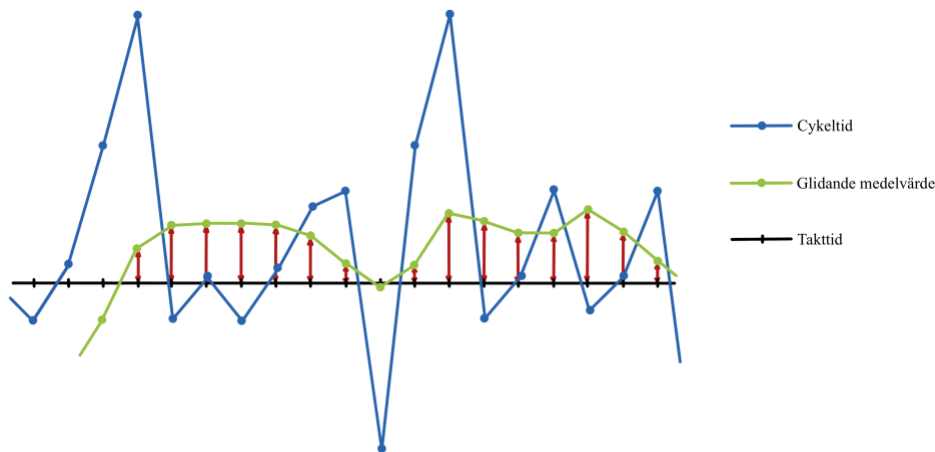
Heuristic och *Heuristic Balanced* är giriga algoritmer som planerar produktionssekvensen genom att för varje takt välja aggregat vars cykeltid för godtycklig station överensstämmer mest med takttiden. Det anses vara fördelaktigt när cykeltiden underskrider takttiden och ofördelaktigt när den överskrider takttiden. *Heuristic Balanced* inkluderar två balanseringskoefficienter som förstärker avvikelser från takttiden. Komponenter vars cykeltid överskrider takttiden bestraffas genom att skillnaden mellan cykeltiden och takttiden multipliceras med en koefficient mellan 1 och 2. Komponenter vars cykeltid underskrider takttiden belönas genom att multiplicera skillnaden mellan takttiden och cykeltiden med en koefficient mellan 0 och 1.

TSP hanterar sekvenseringsproblem genom att likt det välkända problemet som algoritmen är döpt efter att identifiera en slutna väg som kräver det kortaste möjliga avståndet. En objektiv funktion används för att minimera det maximala värdet som skillnaden mellan medelvärdet och det glidande medelvärdet antar för samtliga stationers buffernivåer. Det glidande medelvärdet är begränsat till tre enheter för att minska komplexiteten.

1 small 1 big genererar produktionssekvensen genom att för varje iteration välja den minst arbetsintensiva varianten och den mest arbetsintensiva varianten bland alla tillgängliga aggregat. Stationen som upplever störst arbetsbelastning styr algoritmen. Algoritmerna *2 big 1 small* och *2 small 1 big* fungerar på liknande sätt.

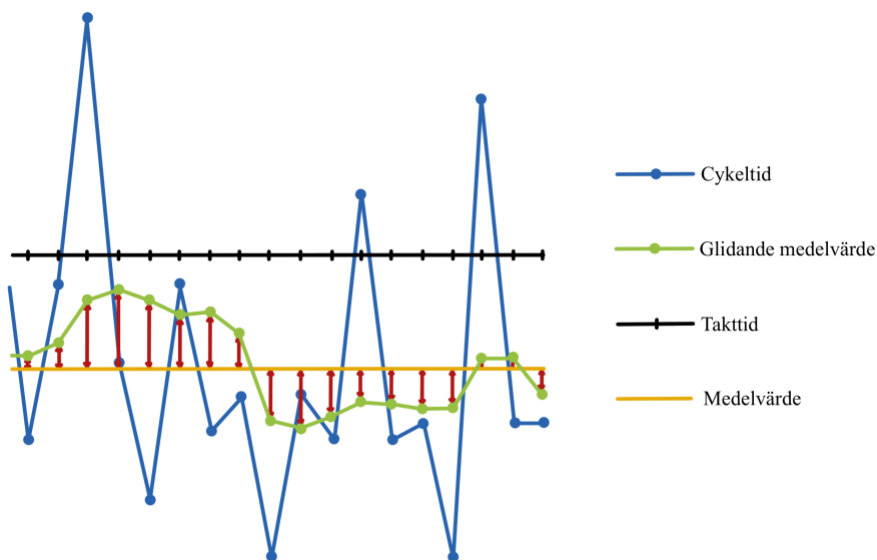
Palmers algoritm använder sig av ekvation 2.3 för att enligt processen beskriven i avsnitt 2.4.2 ordna produktionssekvensen i fallande ordning efter aggregatens lutningsindex. Aggregat vars komponenter har en tendens att övergå från korta till långa cykeltider prioriteras.

L-*Bit* utvärderar resultatet från algoritmerna baserat på tre olika nyckeltal: *makespan*, *tardiness* och *distance*. *Makespan* avser den totala genomloppstiden för samtliga produkter, från när det första arbetet utförs i första stationen tills det sista arbetet har lämnat flödet i den sista stationen. *Tardiness* analyserar det glidande medelvärdet av monteringstiden för tre enheter i buffertarna och summerar de positiva skillnaderna mellan det glidande medelvärdet och takttiden, som illustreras med röd färg i figur 4.2. När detta värde är positivt innebär det att bufferten är uttömd (takttiden är mindre än det glidande medelvärdet av cykeltiden för enheterna i buffertarna).



Figur 4.2 Exempeldiagram för visualisering av tardiness.

Distance är standardavvikelsen för skillnaden mellan cykeltidens glidande medelvärde för enheterna i bufferten och medelvärdet för förmonteringens cykeltid, för varje station. I figur 4.3 illustreras skillnaden mellan värdena i rött. Detta beräknas för en produktionssekvens, station för station. Summan av varje stations *distance* ger nyckeltalets totala värde. Ju lägre talet är desto bättre anses utjämningen av produktionssekvensen vara.



Figur 4.3 Exempeldiagram för visualisering av distance.

Då sekvensplaneringen bestäms av L-Bit krävs ingen kunskap om specifika varianter och hur de påverkar beläggningen utan systemet tyder informationen och presenterar resultaten. Detta är tänkt att, jämfört med innan användningen av L-Bit, skapa förutsättningar för en bättre utjämning för produktionen till samma eller lägre arbetsinsats för planeraren. Innan Swegon implementerade L-Bit för bestämning av produktionssekvenser användes fasta utjämningsregler. Med en rimlig arbetsinsats ansågs det vara omöjligt för planeraren att hitta en optimal produktionssekvens genom att växla mellan mer arbetsintensiva och mindre arbetsintensiva varianter.

I regel ska planeraren välja produktionssekvensen som L-Bit föreslår baserat på de tidigare nämnda nyckeltalen. Då de arbetsintensiva funktionsdelarna som monteras utanför Lina B i nuläget inte är

inräknade i L-Bit kan programvaran föreslå att varianter med långa cykeltider ska produceras direkt efter varandra. När det ligger två sådana varianter intill varandra i sekvensen kan planeraren modifiera ordningen. En åttonde modell, *custom*, genereras på så sätt genom att planeraren modifierar en framtagen produktionssekvens. Swegon eftersträvar att få produktionssekvenserna så jämna som möjligt men vilka varianter av ventilationsaggregaten som ska produceras och i vilken ordning beror även på yttre faktorer som vilka typer av ventilationsaggregat som säljs och beställs av företagets kunder.

4.2.2 Simulering av produktionsprocesser

Med den valda produktionssekvensen ska simuleringar utföras av gruppledaren före start av varje arbetsskift. För att utföra simuleringar behöver gruppledaren innan början av varje skift förse L-Bit med aktuell data. Datan som är nödvändig för att utföra simuleringar är antalet operatörer vid de olika stationerna samt fyllnadsgraden på varje buffert. Med simuleringens utfall genererar L-Bit det exakta bemanningsbehovet under ideala förhållanden med hänsyn till beläggningsgraden per station i relation till takttiden. Beläggningsgraden för samtliga stationer presenteras för operatörerna under dagliga morgonmöten i en översiktsskärm (se figur 4.4).



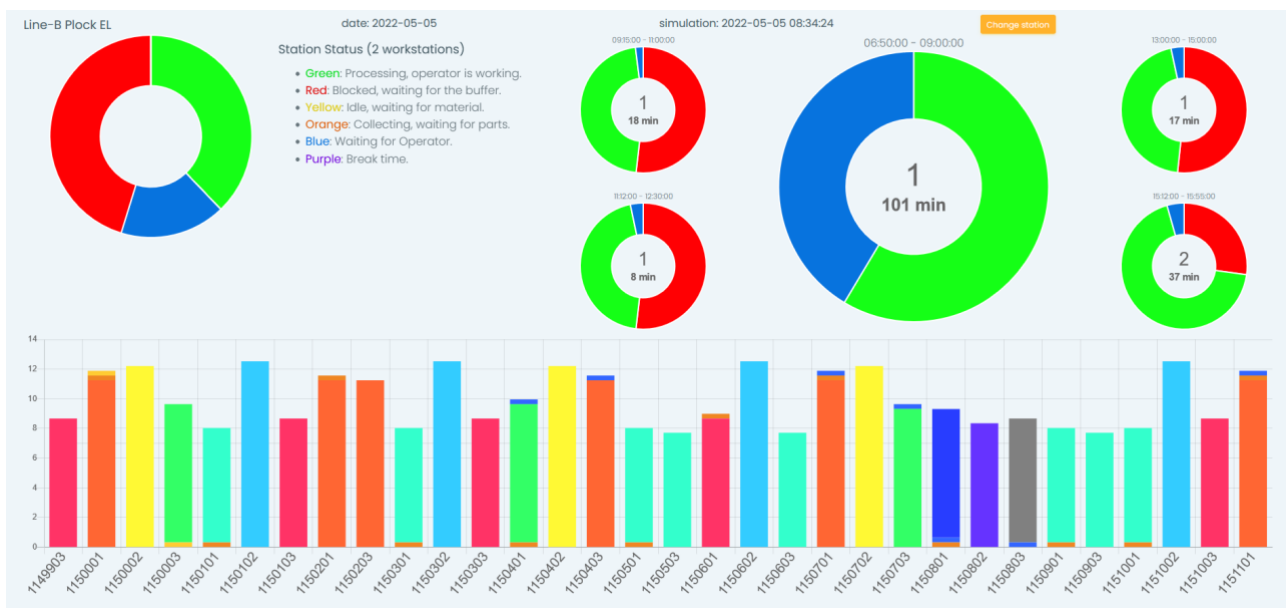
Figur 4.4 Stapeldiagrammen visualiserar beläggningsgraden i relation till takttiden per station. Y-axeln motsvarar minuter och x-axeln visar produktionsnumret (Swegon, 2022).

L-Bit visualiserar även hur många operatörer som bör bemanna de olika stationerna samt tiden de kan vara ifrån stationen (se figur 4.5). Dagskiftet är indelat i fem olika arbetspass vilket förklarar de fem olika cirkeldiagrammen i figuren där det aktuella arbetspasset visas i mitten. De olika färgerna i figur 4.5 och 4.6 representerar stationens olika lägen där grön betyder att operatören arbetar, röd betyder att stationen är blockerad i väntan på att utrymme ska skapas i bufferten, gul betyder att operatören är stillastående i väntan på material, orange betyder att operatören samlar material, blå betyder att operatör inväntas och lila står för rast.



Figur 4.5 Cirkeldiagrammet visualiserar beläggning per station per arbetspass. Siffran i mitten av cirkeln visar bemanningsbehovet i antal operatörer och tiden under visar hur lång en operatör kan förflytta sig (Swegon, 2022).

I operatörsvyerna visualiseras stationsindividuella körplaner och bemanningsbehov tillsammans för att ge en översikt (se figur 4.6). Genom att använda informationen i figur 4.6 ska operatörerna kunna bedöma när det är lämpligt att rotera till en annan station. För att se vilka stationer som är i behov av hjälp har operatörerna möjlighet att byta vy till en annan station och därmed kunna prioritera och ta faktabaserade beslut.



Figur 4.6. Diagram som visas på operatörsskärm för station Plock EL (Swegon, 2022).

Operatörerna vid de olika stationerna i Lina B delas in i grupper för att L-Bit vid simuleringar inte ska föreslå att en operatör som tillhör en grupp ska förflytta sig och rotera till en annan grupp. Exempelvis är operatörerna i huvudflödet indelade i en grupp för att L-Bit inte ska föreslå att de operatörerna ska förflytta sig till ett biflöde eller från ett biflöde till huvudflödet.

För tillfället är det endast ISO som har en större översiktsskärm dedikerad till L-Bit som de kan utnyttja medan MEK, EL och PLOCK använder sig av operatörsskärmar som innebär att de manuellt måste klicka fram programvaran för att ta del av informationen. Eftersom operatörerna inte har någon avsatt tid till att läsa av graferna är de utformade för att vara så lättöverskådliga som möjligt och informationen som visas på operatörsvyerna är begränsade till att visa det som Swegon anser är det viktigaste för dem. Vid varje morgonmöte ska dock en simulering av dagens produktionsplan presenteras där operatörerna får ta del av den översiktliga körplanen för samtliga stationer.

Swegon har som regel att omsimuleringar ska genomföras av gruppleddaren vid förändringar i bemanning – när en operatör tillkommer eller försvinner – och vid större störningar som innebär att stopptidsminuterna överskrider tre taktider. Då L-Bit fortfarande kan sägas vara i en implementeringsfas i produktionen ligger kraven för omsimulering på mer toleranta nivåer. Exempelvis görs inga omsimuleringar när en operatör är frånvarande i kortare stunder till följd av bland annat möten. För att kunna simulera mer verkliga utfall kan förväntade tidsfaktorer tilläggas på stationer där operatörer som till exempel är under upplärning står eller vid andra störningar som materialbrister. Det innebär att operatörernas prestationsfaktor kan räknas med och justeras i varje simulering. Operatörer kan även låsas fast vid en station. På så sätt begränsas L-Bit så att programvaran inte föreslår oönskad förflyttning av bland annat erfarna operatörer. Den enda godkända anledningen till att inte utföra simuleringar är när programvaran inte fungerar rent tekniskt. Swegon siktar mot att omsimuleringar ska utföras mer frekvent, när stopptidsminuterna överskrider en taktid.

På grund av materialbrister, personalfrånvaro till följd av coronapandemin samt brist på efterfrågan från värdeflödesledaren och gruppleddaren att använda L-Bit har operatörsvyerna till skillnad från planering av produktionssekvensen inte använts konsekvent. Vid första implementeringen av L-Bit genomfördes en testperiod i Lina B som pågick i tre dagar. Under denna tredagarsperiod medverkade chefer och personal från produktionstekniska avdelningen som hjälpte till genom att dirigera när operatörerna kunde förflytta sig från en arbetsstation och hjälpa till vid en annan.

4.2.3 Planerade tillägg kopplade till L-Bit

I nuläget är L-Bit en beta-version som är delvis generellt utformat och innehåller funktioner som inte används av Swegon. Nedan sammanställs en lista över några av Swegons framtidsplaner kopplade till L-Bit

- För att underlätta för operatörerna vid beslutsfattande ska det grafiska användargränssnittet utökas med cirkeldiagram som illustrerar hur många minuter en extra operatör behöver befinna sig på en station, inte bara hur länge en operatör kan vara borta
- Göra L-Bit mer lättillgänglig och uppmuntra till frekvent användning av diagrammen genom att installera en gemensam översiktsskärm för MEK, EL och PLOCK likt den som används av ISO
- En befintlig operatör ska ta över gruppleddarens ansvar att samordna arbetssätt för arbete relaterat till L-Bit, inklusive kontinuerlig simulering
- Önskad buffertnivå ska uppdateras från konstant full till 2,5 för att sänka bemanningen
- Operatörer ska kunna bekräfta vilken order de arbetar på för att vid släp kunna signalera med Andon, ett signalsystem för störningar, att de ligger efter

- En idé som ligger längre fram i tiden är att programvaran ska bli mer automatiserat och uppdateras i realtid med hjälp av ett nytt instruktionssystem som ska införas framöver

4.3 Befattningsbeskrivningar av yrkesroller kopplade till L-Bit

De yrkesroller som påverkats av L-Bits användning och bedöms vara av större relevans är värdeflödesledaren, gruppleddaren, planeraren och operatörer från Lina B. Befattningsbeskrivningarna beskrivna nedan är försedda av Swegon via deras intranät och har kompletterats med muntliga beskrivningar.

4.3.1 Planerare

Planerarens huvudsakliga arbetsuppgifter kopplade till L-Bit är att med hjälp av programvaran planera produktionssekvenser för monteringsbanorna i syfte att optimera och jämna ut flödet.

4.3.2 Värdeflödesledare

Värdeflödesledaren är chef för värdeflöde 3 som består av bland annat Lina B. Under framtagningen av L-Bit var hen med och planerade bland annat hur layouter skulle se ut i operatörsvy. I dagsläget arbetar inte värdeflödesledaren med L-Bit, utan det dagliga arbetet sker på gruppleddarnivå. I värdeflödesledarens arbetsuppgifter ingår drivandet och utvecklandet av värdeflödet med fokus på bland annat kvalitet, säkerhet och människa. En del av arbetsuppgifterna utgörs även av arbete med ständiga förbättringar tillsammans med medarbetare och stödfunktioner samt att sätta in åtgärder vid avvikelser mot mål. Värdeflödesledaren är ansvarig för att leda och fördela arbetet inom funktionen och aktivt bidra till att produktionen når sina mål och utvecklas. Det är även värdeflödesledaren som ska säkerställa att rätt kompetens finns inom avdelningen för att utföra förekommande arbeten inom avdelningen. Värdeflödesledaren ansvarar även för att gruppleddare tar del av uppdaterad information.

4.3.3 Gruppleddare

Gruppleddaren för Lina B har som ansvar att överse operatörerna och produktionen på linan, följa upp målen satta för personal, kvalitet och leverans samt rapportera avvikelser i produktionen till värdeflödesledaren. Gruppleddaren ska även säkerställa att gruppens kompetensutveckling ligger i linje med produktionsområdet och därmed påvisa till produktionsledare de brister i kompetensen som finns inom gruppen. Utöver ledarrollen arbetar gruppleddaren även 50 procent som operatör på DOCK och EOL. Arbetsuppgifterna relaterade till L-Bit är bland annat att kontrollera och mata in den aktuella buffertnivån samt tillgänglig personal för simulering, både vid start av arbetspass samt vid eventuella störningar och förändringar.

4.3.4 Metodansvarig

Metodansvariga inom Lina Bs olika områden har valts ut bland operatörerna efter rekommendationer från gruppleddaren och avdelningen för produktionsteknik. En metodansvarigs uppgift är bland annat att ha en styrande roll när det gäller upplärning och utbildning och ansvarar för att introducera nyanställda till rätt metoder. Den metodansvariga behöver kunna kommunicera med sin grupp för och ska tillsammans med gruppleddare säkerställa att korrekt metod inom diverse område följs och för att information nås fram till alla. Under utvecklingen av L-Bit var samtliga metodansvariga delaktiga i bland annat utformandet av layouterna i L-Bits operatörsvyer.

5. EFFEKTER AV L-BIT

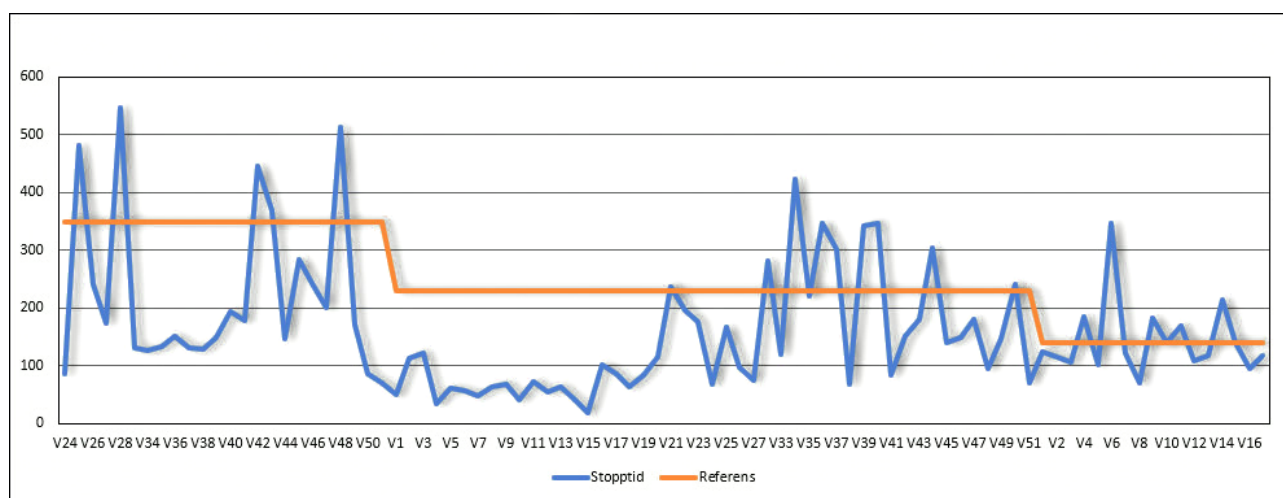
I detta kapitel är den erhållna kvantitativa datan från Swegon presenterad i avsnitt 5.1 och den empiriska datan som erhöles genom intervjuerna sammanställd och presenterad i avsnitt 5.2.

5.1 Kvantitativa resultat av L-Bits införande

För att se hur användandet av L-Bit har påverkat produktionsflödet i Lina B analyserades data från juni 2020 till april 2022. Den kvantitativa datan innefattar produktivitet, stopptidsminuter och kompetensmatriser. I figur 5.1 och 5.2 saknas det data från vecka 29 till och med vecka 33 på grund av att fabriken har stängt.

5.1.1 Stopptid

Den totala stopptiden för Lina B mäts i minuter och har tidigare rapporterats in manuellt men sedan mars månad görs det automatiskt med Casat. Stopptiden utgörs av summan av den tid som huvudflödet överskrider takttiden med och presenteras i figur 5.1. Vid ombalanseringen och L-Bits införande syns en drastisk skillnad i stopptid där både medelvärdet fluktuationerna i stopptid inom en period minskar. Utöver interna faktorer inom linan påverkas även stopptiden av externa störningar som i huvudsak utgörs av materialbrist. Produktionen i Swegon har drabbats av materialbrister samt personalfrånvaro till följd av coronapandemin vilket förklarar en ökad spridning i stopptid från vecka 19 år 2021.



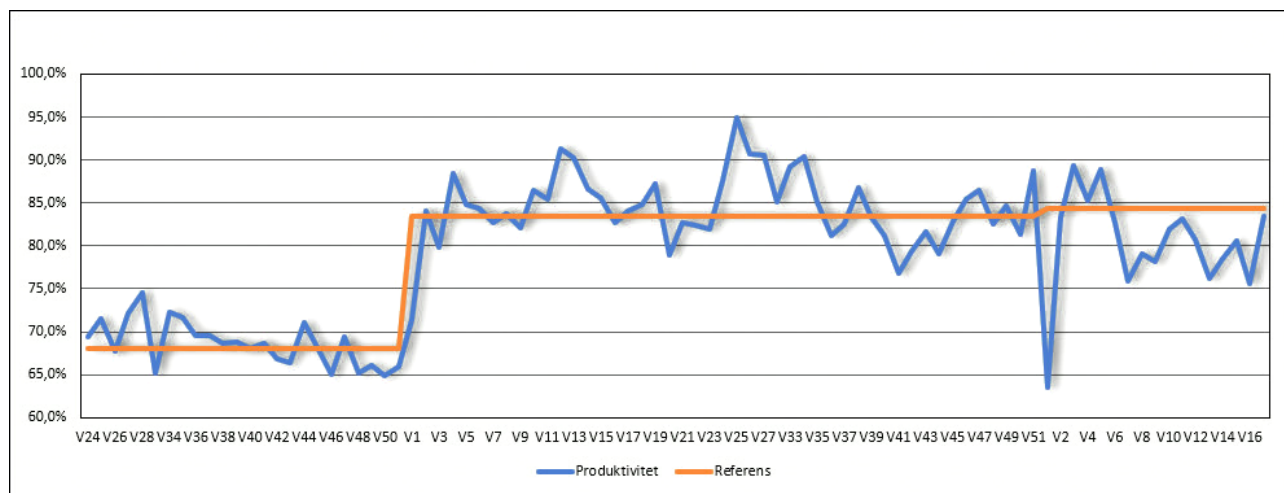
Figur 5.1 Stopptidsminuter från vecka 24 år 2020 till vecka 16 år 2022. Referenslinjen visar medelvärdet för året (Swegon, 2022).

5.1.2 Produktivitet

Swegon definierar produktivitet som anslagen tid genom arbetad tid vilket enligt teorin inte är ett produktivitetsmått. Den anslagna tiden bestäms efter genomsnittet av de olika storlekarnas teoretiskt beräknade tid per dag som finns i företagets affärssystem och anpassas efter de aggregat som lämnar linan. På grund av att variantfloran är så pass stor är den anslagna tiden inte bestämd för varje individuell variant. Den arbetade tiden inkluderar tiden det tar att faktiskt utföra arbetet, pauser på totalt 24 minuter, morgonmöte, städning och åtgärdandet av störningar. I figur 5.2 illustreras en ökning i produktivitet efter slutet av 2020 då en ombalansering av aktiviteter utfördes och L-Bit infördes. Den markanta avvikelser mellan vecka 51 år 2021 och vecka 2 år 2022 är ett resultat av att fabriken

hållits stängd under årsskiftet. Nedgången av produktivitet för 2022 beror bland annat på en del extra hantering och materialbekymmer på monteringsbanorna som inte speglas i den anslagna tiden.

Eftersom produktiviteten baseras på anslagen tid som är justerbar är det möjligt för Swegon att bibehålla en relativt hög produktivitet trots ökad stopptid. Det görs genom att minska bemanningen på stationerna som påverkas av störningen under tiden produktionen står stilla.



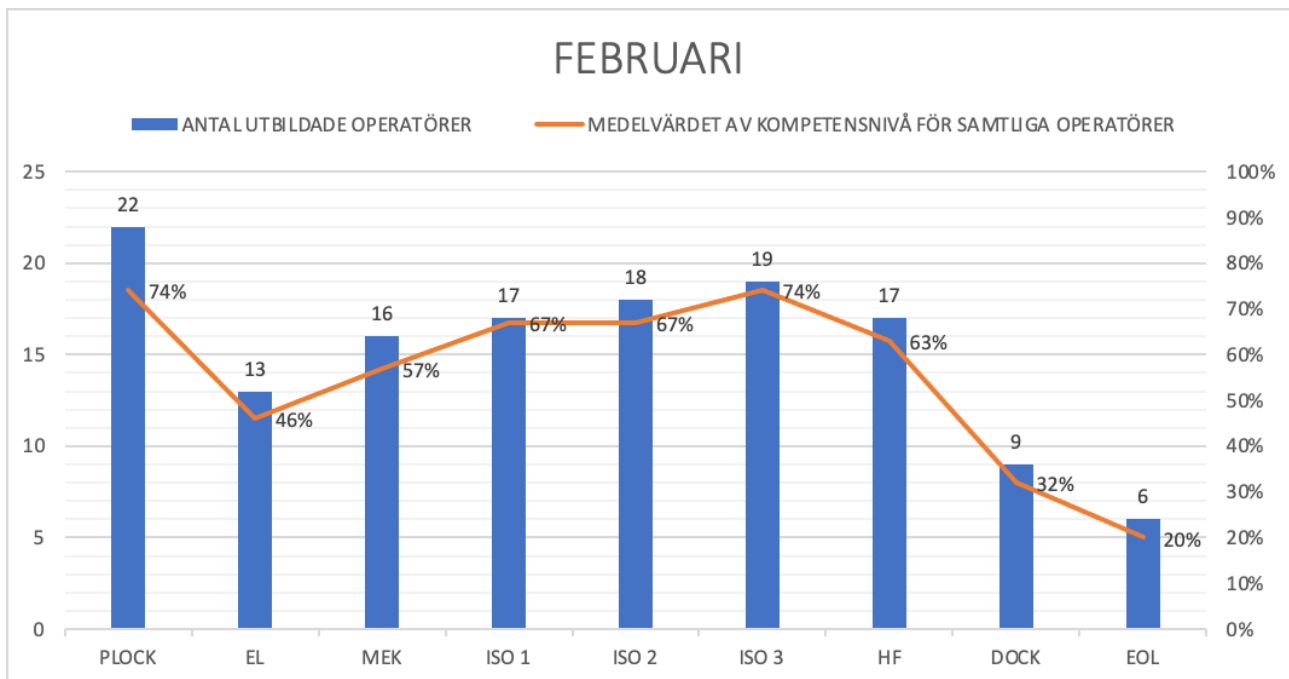
Figur 5.2 Den uppmätta produktiviteten från vecka 24 år 2020 till vecka 16 år 2022. Referenslinjen visar medelvärdet för året (Swegon, 2022).

5.1.3 Kompetensutveckling

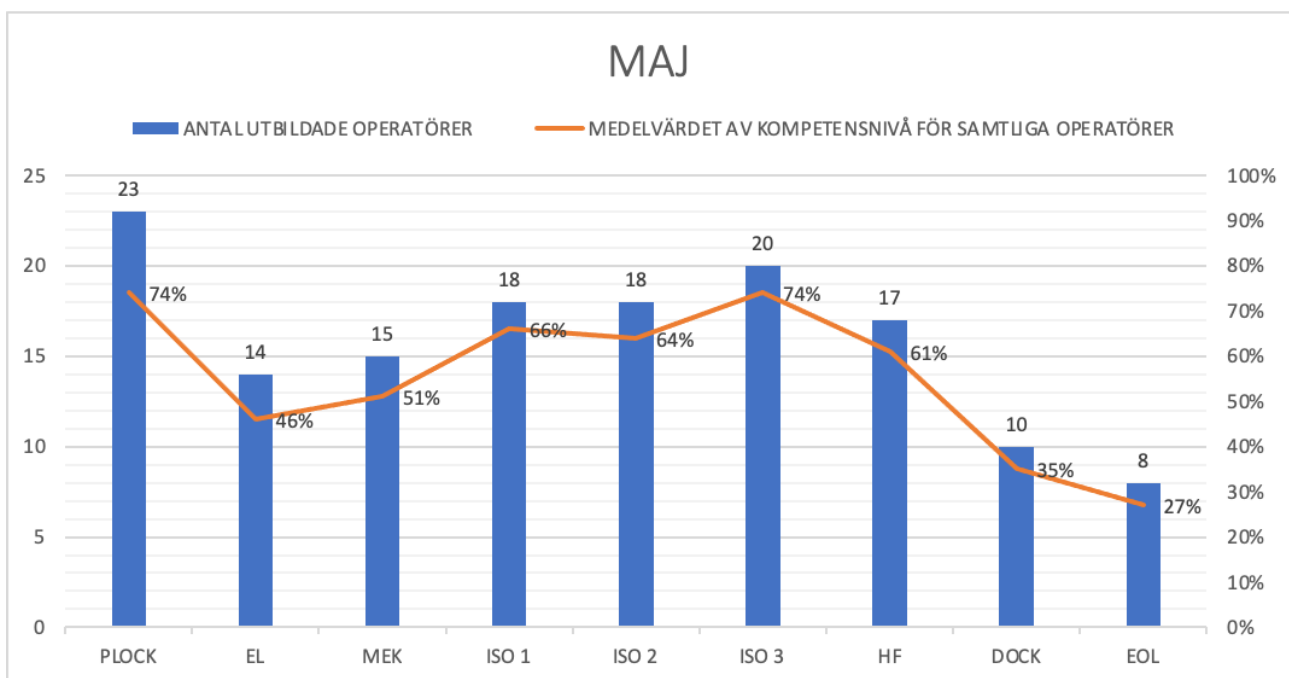
För att följa kompetensutvecklingen på Lina B har kompetensmatriser sammanställts varje månad sedan februari 2022. Resultaten visualiseras i figur 5.3 och figur 5.4 nedan och fullständiga kompetensmatriser finns i bilaga 7. Matriserna finns även tillgängliga för operatörerna så att de själva kan följa utvecklingen. Kompetensnivån bedöms av värdeflödesledaren och gruppleddaren och baseras på hur självständigt en operatör kan arbeta på en station och hur väl den förväntade arbetshastigheten följs. I Swegons fall är variantfloran så stor att det medför ett utdraget inlärningsförlopp vilket ligger till grund för de sänkta värdena då ett fåtal operatörer har slutat och nya har anställts.

Den genomsnittliga kompetensnivån (högra y-axeln i figur 5.3 och 5.4) i relation till antalet utbildade operatörer (vänstra y-axeln i figur 5.3 och 5.4) visar hur fullt upplärda operatörerna är. En operatör räknas till andelen utbildade operatörer så fort hen har en kompetensnivå över noll procent. Om samtliga utbildade operatörer inom en station besitter 100 procent kompetens antar kompetensnivån samma värde som andelen utbildade operatörer i procent. Exempelvis utgör de 13 utbildade operatörerna på EL (se figur 5.3) 52 procent av det totala antalet operatörer. Tio av operatörerna har hundra procent kompetens, en har 70 procent, en har 50 procent och en har 20 procent. Genom att summera kompetensen på stationen och dividera med det totala antalet operatörer enligt ekvation 5.1 fås den genomsnittliga kompetensen som är cirka 46 procent. Om alla 13 operatörer var fullt utbildade hade resultatet blivit 52 procent, samma värde som andelen utbildade operatörer.

$$\frac{10 \times 1 + 0,7 + 0,5 + 0,2}{25} = 45,6\% \quad (5.1)$$



Figur 5.3 Antalet utbildade operatörer inom varje arbetsstation i relation till den genomsnittliga kompetensnivån för februari 2022.



Figur 5.4 Antalet utbildade operatörer inom varje arbetsstation i relation till den genomsnittliga kompetensnivån 10 maj 2022.

5.2 Kvalitativa resultat av L-Bits införande

I detta avsnitt sammanfattas de viktigaste svaren från samtliga intervjuer och respondenter. I avsnitt 5.2.1 sammanställs respondenternas svar gällande frågor om kommunikation och delaktighet, i avsnitt 5.2.2 den upplevda förändringen i arbetssätt och i avsnitt 5.2.3 förbättringsmöjligheter. Till sammanfattningarna har nyckelcitater inkluderats för att tydligare illustrera vad respondenten menar samt belysa representativa svar. För fullständiga frågor som ställdes under intervjun och mer detaljerade svarssammanställningar, se intervjuguiden i bilaga 1 samt svarsammanställningar i

bilagorna 2 till och med 6. Följande sammanfattning av respondentens svar är parafraseringar och författarnas tolkningar.

5.2.1 Kommunikation och delaktighet

Respondenternas åsikt om hur väl kommunikationen kring införandet av L-Bit har fungerat samt delaktigheten av införandet presenteras i följande stycken.

5.2.1.1 Planerare

Planeraren var aktivt deltagande i projektet och upplever därför att hen var väl informerad om processen samt målen och syftet med programvaran.

5.2.1.2 Värdeflödesledare

Enligt värdeflödesledaren var hen mycket väl informerad vid införandet av L-Bit och fick en klar insikt i målen och syftet med programvaran. Värdeflödesledaren var involverad i beslutsfattande väldigt tidigt i utvecklingen och upplevde att hens förhoppningar togs hänsyn till. Angående kommunikationen mellan ledarna och operatörerna under införandet av L-Bit anser värdeflödesledaren inte att det finns mycket som borde ha gjorts annorlunda då hens upplevelse är att de har varit väldigt tydliga med vad som sker och inkluderat metodansvariga i många möten. Operatörerna har enligt värdeflödesledaren varit involverade från början och fått en förklaring av vad L-Bit är. Syftet med L-Bit som har kommunicerats är att det är till för att hjälpa operatörerna att göra rätt sak vid rätt tillfälle för att nyttja deras tid på ett effektivt sätt, inte nödvändigtvis för att maximera deras tid och pressa dem.

5.2.1.3 Gruppledare

Gruppledaren ansåg att hen var väl informerad vid införandet av L-Bit och var aktivt deltagande under test av prototypen. Målen och syftet med programvaran var tydligt kommunicerade till hen då de hade haft en dialog och diskuterat hur systemet kunde implementeras på bästa sätt.

5.2.1.4 Operatörer

Vid de inledande frågorna gällande kommunikation svarade majoriteten, fem av sju operatörer, att de inte upplevde att de var särskilt informerade vid införandet av L-Bit. En annan operatör påpekade att de fick en "snabbgenomgång" av L-Bit och att operatörerna fick "kastats in i det". Till skillnad från majoriteten ansåg en operatör att de var ganska bra informerade. Vid intervjuerna ställdes en fråga gällande möjlighet till deltagande där samtliga sju operatörer svarade att de inte kände att de var involverade i beslutet eller på något sätt hade kunnat påverka planen med L-Bits införande. Målen och syftet med L-Bit uppfattades generellt av operatörerna som en effektivisering av bemanningen dock var flera operatörer osäkra i sina svar. Två operatörer menade att det hade kunnat kommuniceras på ett bättre sätt.

“Dra ner på personalen, tror jag. Vi ska kunna rotera när vi inte har något att göra [...] det har inte riktigt kommunicerats av ledningen “

“Jo, men det tycker jag att jag vet [...] De säger ett syfte men vi andra tror på ett annat syfte, att de vill skära ner på folk”

5.2.2 Upplevda förändringar i arbetet

Respondenterna ställdes frågor gällande upplevda skillnader i produktionsflödet, arbetsbelastningen, stressnivån och störningshanteringen.

5.2.2.1 Planerare

Planeraren upplever inte att arbetsbelastningen har förändrats så mycket, men känner däremot en större trygghet i att resultatet av produktionssekvenserna blir bra genom användandet av L-Bit. Hen har insett att det blir färre fel när produktionssekvenser sätts med L-Bit och menar att det är en säkrare process än bestämning av produktionssekvenser manuellt. Tidigare innebar det alltid en liten chansning när produktionssekvenserna sattes eftersom planeraren har fått komma ihåg och arbeta efter flera regler. Vid användning av L-Bit är det programvaran som tar hänsyn till regler och riktlinjer som Swegon har satt vilket har reducerat den mänskliga faktorn. Exempel på regler är att inte köra vissa typer av aggregat precis efter varandra på grund av risken för överbelastning. Eftersom L-Bit inte räknar med de arbetsintensiva varianterna som monteras utanför Lina B måste planeraren manuellt separera arbetsintensiva varianter som har hamnat efter varandra. Enligt planeraren sker detta ungefär hälften av gångerna som sekvensen bestäms. Då Swegon arbetar med många olika varianter har utjämningsreglerna för att bestämma produktionssekvensen enligt planeraren varit omöjliga att hålla i huvudet.

5.2.2.2 Värdeflödesledare

När värdeflödesledaren fick frågor angående produktionsflödet och arbetsbelastningen nämnde hen att det endast har gjorts ett riktigt uppföljningstest som visade att flödet blev jämnare. Efter det har L-Bit inte följts fullt ut varje dag då det bland annat kräver att man uppdaterar och simulerar om vid förändringar och störningar vilket har visat sig vara en utmaning. Ytterligare ett hinder är den ökade frånvaron under coronapandemin vilket har lett till att linan inte alltid har haft bemanningen som krävs för att köra L-Bit fullt ut.

Det som värdeflödesledaren såg mest värde i vid utvecklandet var att L-Bit skulle göra det möjligt att använda biflödenas "komma (,)"-gubbar för att öka operatörernas utnyttjandegrad utan att orsaka stress då det tidigare inte har funnits något system som visar hur lång tid alla moment inom biflödena tar. Om L-Bit visar att en station kräver 1,3 operatörer under dagen har det tidigare uppfattats som att det behövs 2,0 operatörer. Det talar om att en operatör har möjligheten att hjälpa till vid en annan station vilket gör att man får ut så mycket som möjligt av personalen. Tankesättet har enligt värdeflödesledaren funnits på Lina B redan innan L-Bit och operatörerna har hjälpt varandra men med hjälp av programvaran finns möjligheten till flytt svart på vitt.

En av de mest positiva effekterna som värdeflödesledaren har observerat på Lina B är att operatörerna vågar lita mer på buffertarna. Eftersom produktionssekvensen finns tillgänglig i L-Bits operatörsvy har operatörerna möjligheten att planera mer långsiktigt och utnyttja buffertarna när arbetsbelastningen är hög om de ser att det blir mindre arbetsintensivt längre fram.

5.2.2.3 Gruppledare

Vid frågor gällande produktionsflödet och arbetsbelastningen svarade gruppledaren att systemet har skapat en större förståelse för hur flödet ser ut eftersom information och data är sammanställt och illustrerat vilket utgör ett visst stöd vid beslutsfattande. Gruppledaren menar att när det väl fungerar

och informationen stämmer är systemet väldigt användbart men när störningar går utanför vissa parametrar blir datan svårare att tolka. Angående störningar nämnde gruppledaren att en nackdel med L-Bit är att det kräver mycket manuell input när det uppstår störningar eftersom simuleringarna måste uppdateras. Överlag förstår gruppledaren att systemet genomgår en testperiod och har därför överseende med att det är en del som fortfarande måste utvecklas men uttryckte dock att bra omständigheter krävs för att implementera en ny programvara vilket inte är fallet i nuläget då det råder materialbrister och sjukfrånvaro.

5.2.2.4 Operatörer

Då L-Bit inte har använts konsekvent upplevs skillnaden i produktionsflödet olika av operatörerna. Tre av operatörerna menade att produktionsflödet upplevs som jämnare när simuleringen som gjorts med L-Bit faktiskt stämmer överens med de verkliga förhållandena. En operatör upplever att produktionsflödet är jämnare och att det fungerade bra under testperioden. Andra operatörer upplever ingen större skillnad.

“Både ja och nej. Vissa dagar stämmer inte simuleringen men dagarna det har funkade bra känns det jämnare.”

“När L-Bit funkade så ja, men nu i början kan inte alla allt så det blir mycket pusslande”

En stor majoritet av operatörerna upplever ingen betydande skillnad i arbetsbelastningen efter införandet av L-Bit. En operatör nämnde att hen har fått ett mer varierat arbete samt att det är svårt att avgöra om arbetsbelastningen blivit jämnare. Vid frågan om den upplevda stressnivån jämfört med innan införandet av L-Bit var operatörernas svar här mer varierade. Två av operatörerna svarade att de inte upplever någon skillnad i den upplevda stressnivån. När L-Bit fungerar och stämmer överens har stressnivån minskat för tre av operatörerna då operatörsvyn underlättar arbetet. Tvärtom upplever en annan operatör en högre stressnivå på grund av lägre buffertnivåer när arbetet planeras efter L-Bit.

“Det hjälper väldigt mycket att kunna se bufferten och vilka aggregat som kommer [...] hur tunga [arbetsintensiva] de är och hur lång tid de tar [att montera].”

En operatörs svar stod ut i mängden där hen menade att hens stressnivå ökat och välbefinnandet i arbetet minskat på grund av mindre frihet i arbetet.

“Den [stressnivån] är högre nu [...] det är mindre frihet på eget ansvar [...] för att känna välbefinnandet i arbetet behöver det finnas ett eget ansvar som försvinner med L-Bit eftersom det är styrt på det sättet”

Samtliga operatörer upplever ingen skillnad i störningshanteringen vid användningen av L-Bit. När operatörerna fick frågan om flödet upplevs som mer störningskänsligt vid användning av L-Bit var svaren delade. Fyra operatörer känner inte att flödet har blivit mer störningskänsligt medan tre operatörer anser att flödet har blivit mer störningskänsligt med L-Bit. Det beror enligt dem på en del olika faktorer, inklusive bemanningen. De menar att de är bemannade precis så många som de bör vara och att alla delar av flödet inte finns med i L-Bit, som exempelvis PLOCK. Att de inte längre

har fulla buffertnivåer att falla tillbaka på är ytterligare en faktor som operatörerna anser bidrar till en högre störningskänslighet.

“Ja, vid materialbrist till exempel hade vi mer tid på oss att lösa det innan för buffertarna var fulla [...] men samtidigt är det mindre stressigt att inte behöva ha dem fulla”

Med avseende på L-Bits operatörsvy ställdes frågan om hur väl L-Bits operatörsvyer, som med hjälp av diverse grafer visualiserar att en operatör kan rotera och förflytta sig från en station för att hjälpa till vid en annan, fungerar. Tre operatörer svarade att det inte fungerar väl på grund av bristfällig kompetens hos operatörerna. För att systemet ska kunna utnyttjas i högsta möjliga grad och bidra med den effektivitet som den är avsedd för krävs det enligt dem att alla operatörer är fullt utbildade inom samtliga arbetsstationer och därmed har kompetensen som erfordras för att kunna flytta på sig när L-Bit föreslår det. De mer erfarna operatörerna med bredare kompetens påpekade under intervjun att det i många fall är de som får rotera mellan stationer och agera som stöd eftersom operatören vid stationen som enligt L-Bit hade möjligheten att förflytta sig saknade den nödvändiga kompetensen. Därmed behöver flera operatörer rotera trots att det, i de ideala fall som L-Bit räknar med, endast ska vara en operatör som flyttar på sig. För att de ska kunna följa operatörsvyn krävs det i första hand att simuleringen är aktuell och stämmer överens med verkligheten vilket den ofta inte gör, menar de.

“Det är inte alltid alla som kan hjälpa till eftersom alla inte har kompetensen och då måste två tre personer kastas runt för att lösa det L-Bit säger”

“Svårt att säga, det synkar inte med de orderna som vi står och gör mot det programmet säger... “

“Eftersom alla stationer inte är med så det blir lite missvisande, sedan tar inte L-Bit hänsyn till annat strul vilket lämnar hålrum ”

“L-Bit visar hur det borde se ut, inte hur verkligheten är “

På grund av att L-Bit behöver simuleras om vid förändrade förhållanden för att operatörsvyn ska överensstämja med hur det ser ut i produktionen, upplever operatörerna att de endast kan ta stöd av L-Bit när det är aktuellt och uppdateras löpande i form av nya simuleringar. När datan och simuleringarna inte är aktuella är det enligt dem enklare att utforma arbetet efter tidigare rutiner och egna erfarenheter. Särskilt stor skillnad i arbetet upplevdes under testperioden av implementeringen när de fick stöd av chefer som dirigerade arbetsprocessen efter data från L-Bit.

Som avslutande frågor gällande upplevda förändringar i arbetssätt ställdes även frågan om vad den största skillnaden i ens personliga arbete har varit efter införandet av L-Bit samt den största personliga skillnaden i Lina B. Fem operatörer svarade att ingen större skillnad upplevs i det personliga arbetet. Enligt en av operatörerna beror det på att L-Bits simuleringar inte stämmer och därmed inte går att följa samt att användningen inte efterfrågas av värdeflödesledaren. Två operatörer upplever att de nu kan förflytta sig och hjälpa till mer eftersom de med L-Bits visualiseringar kan lita på dem buffertnivåerna de har. För skillnader i Lina B påpekade två operatörer att det nu är fler som hjälper till. En annan operatör menar att det har blivit lugnare som resultat av att produktionssekvensen och

körplanen visualiseras tydligare vilket gör att de kan planera och förbereda på ett bättre sätt. Samtidigt upplever två andra operatörer en ökad stress.

5.2.3 Förbättringsmöjligheter

När operatörerna frågades om de har möjlighet att ge förslag på effektiva justeringar då de arbetar med L-Bit dagligen svarade tre operatörer nej på frågan. Två operatörer menar att de inte har arbetat med L-Bit tillräckligt för att kunna ge förslag på förbättringar. Samtidigt känner en annan operatör att de har möjlighet att bidra med förslag men om förslagen sedan följs upp är oklart.

Den sista frågan som ställdes var om det fanns något med implementeringen av L-Bit de hade velat göra annorlunda. Tre operatörer svarade att de önskade att informationen hade kommunicerats på ett bättre sätt. Även en del praktiska förslag framkom där en operatör önskade att L-Bit skulle "synka" mer med verkligheten för att kunna generera mer verklighetstroga simuleringar. Fler exempel finns i bilaga 6.

“Bättre förklaring så alla förstår varför vi använder det för en del tog det som att de bara vill ta bort personal. Vill vi visa att det funkar om vi kan bli av med jobbet? “

“Om L-Bit skulle kunna automatiseras med instämplingen för att det automatiskt ska kunna se hur många personer det är eftersom det har missats många gånger. Det är oftast den mänskliga faktorn som glömmer av att skriva in parametern.”

6. ANALYS OCH DISKUSSION

Detta kapitel behandlar analys och diskussion av de kvantitativa och kvalitativa resultaten som presenterats i rapporten. Här förs även resonemang kring hur resultaten kan tolkas samt huruvida metodvalet var lämpligt för besvarandet av frågeställningarna. Slutligen presenteras förslag till framtida forskning.

6.1 Analys och diskussion av kvantitativa data

För att reducera överbelastningar använder Swegon sedan innan buffertar som enligt teorin tillåter stationer att arbeta oberoende av varandra. Efter införandet av L-Bit har det dessutom varit möjligt för Swegon att ta faktabaserade beslut vid utnyttjande av de ytterligare två metoderna för att reducera överbelastning som beskrivs i teorin; användandet av optimerade produktionssekvenser samt förflyttning av tillgängliga resurser. På grund av oregelbundet användandet av L-Bits operatörsvyer och övriga störningar som materialbrist och underbemanning har det dock varit en utmaning för Swegon att förse rapporten med kvantitativa data som speglar de tekniska effekterna som L-Bit har haft på produktionen. Följande kopplingar mellan resultat och möjliga orsaker grundar sig således i antaganden baserat på tillgänglig information.

6.1.1 Stopptid

Det drastiska avtagandet i stopptid som illustreras i figur 5.1 under vecka 50 kan med stor sannolikhet kopplas till ombalanseringar som gjordes i samband med införandet av L-Bit och användningen av optimerade produktionssekvenser. Trenden med ett lägre medelvärde och mindre spridning håller sig från införandet till och med vecka 19 2021. Efter denna period går det att uttolka en mycket större spridning av stopptid i figuren samt ett högre medelvärde. Fluktuationer i den dokumenterade stopptiden har som sagt påverkats av externa faktorer utanför Lina B som materialbrist och underbemanning. Lina B som MMAL medför att variationer i cykeltider uppstår naturligt vilket beskrivits i avsnitt 2.3.1. Fluktuationerna kan till viss del därför förklaras av att en del varianter som Swegon producerar är så pass arbetsintensiva att det vid en balansering av aktiviteter för dessa varianter inte är möjligt att förhålla sig till takttiden, vilket leder till stopp. Hur den aktuella efterfrågan ser ut påverkar även stopptiden då efterfrågan av huvudsakligen arbetsintensiva varianter leder till fler stopptidsminuter. Den ökade spridningen i stopptid efter vecka 19 som berodde på materialbrister och underbemanning tar över statistiken men det går att se att medelvärdet enligt figurens referenslinje minskar både 2021 och 2022.

Det går att anta att den största delen som bidragit till minskad stopptid är optimerade balanseringar samt framtagningen av produktionssekvens som är möjliga med L-Bit då L-Bit inom produktionen inte har använts i en stor nog utsträckning för att ha haft en tydlig påverkan på resultatet. Perioden från vecka 50 2020 till vecka 19 2021 med ett relativt lågt medelvärde och liten spridning ger dock en indikation på vilka stopptidsvärden som är möjliga för Swegon att uppnå med hjälp av optimerade produktionssekvenser med L-Bit. Stopptiden kan potentiellt nå ännu lägre värden om linan bemannas optimalt genom att operatörerna följer och använder L-Bit som stöd för att ta faktabaserade beslut kring arbetet.

6.1.2 Produktivitet

Implementeringen av L-Bit utfördes med det långsiktiga målet att öka produktiviteten. Syftet har varit att effektivisera bemanningen för att kunna komma så nära det genomsnittliga bemanningsbehovet

som möjligt. Den drastiska ökningen i produktivitet som sker i början av 2021 beror till stor sannolikhet på ombalanseringen och optimeringen av produktionssekvenser. Det ökade genomsnittet har därefter kvarstått trots att L-Bit inte har använts fullt ut inom produktionen. Det kan då antas att fullt utnyttjande av programvaran har möjligheten att bidra till ännu mer gynnsamma värden eftersom operatörerna då utnyttjar den arbetade tiden mer effektivt. Även vid beräkning av produktivitet enligt ekvation 2.4 bör användandet av L-Bit leda till ökade värden då arbetet effektiviseras. På grund av hur produktivitet är definierat inom företaget är det dock inte möjligt för Swegon att uppnå 100 procent produktivitet då den arbetade tiden bland annat inkluderar betalda pauser och planerade möten.

Swegons definition av produktivitet är anslagen tid genom arbetad tid vilket kan relateras till den generella definitionen av utnyttjandegrad. Det kan därför diskuteras huruvida detta betraktas som ett kapacitetsmått eller produktivitetsmått. I avsnitt 2.6.1 nämns att det är vanligt förekommande i svensk tillverkningsindustri att det förekommer brister i kunskap om produktivitet och utan nog insikt är det en utmaning att arbeta mot förbättring. Beräkningen tar inte hänsyn till produktionens output i form av antal aggregat utan endast de producerade aggregatens teoretiska tid vilket innebär att resultatet inte tekniskt sett reflekterar den faktiska produktiviteten på Lina B utan utnyttjandegraden av den planerade tiden. Med tanke på att Swegon har tidsunderlag för samtliga processer, en formel för beräkning av utnyttjandegrad (befintlig formel för produktivitet) och dokumentation över operatörernas kompetens har de möjlighet att beräkna produktivitet enligt ekvation 2.5 och på så sätt skapa en grund för framtida förbättringsarbeten. Det är alltså inget fel på måttet som används av Swegon för att beräkna produktivitet då det ger värdefull information utan problemet ligger i att måttet kallas produktivitet och kan därför hämma företagets förmåga att identifiera var förbättringar kan implementeras.

6.1.3 Kompetensmatriser

Datan som Swegon har samlat gällande operatörernas kompetens visar utvecklingen under en begränsad tid då de påbörjade dokumentationen i februari 2022. Under de inkluderade månaderna har ett fåtal operatörer sagt upp sig och nya anställts vilket har orsakat en reducering av den genomsnittliga kompetensnivån för PLOCK, MEK, ISO och HF. Det gör det svårt att dra slutsatser utifrån diagrammen men genom att analysera rådatan i bilaga 7 noteras att kompetensen hos vissa operatörer är bredare i maj än i februari. Exempelvis har operatör 9 uppnått 60 procent kompetens inom EL, operatör 10 har blivit fullt utbildad inom både DOCK och EOL, operatör 11 har lärt sig EOL och är nu fullt utbildad inom samtliga stationer, och både operatör 21 och 24 har breddat sin kompetens inom HF. Utvecklingen som har observerats inom Lina B skulle kunna bero på att L-Bit uppmuntrar operatörerna att rotera i större utsträckning än tidigare, även de som intervjurespondenterna hävdade inte var lika motiverade att lämna sin station. Om L-Bit dessutom avgör att det krävs färre operatörer vid en station finns möjlighet för överflödiga personal att bli upplärd inom andra stationer.

Ytterligare en faktor som påverkar vilka slutsatser som kan dras från resultaten är det faktum att gruppleddaren och värdeflödesledaren själva bestämmer operatörernas kompetensnivå utan ett standardiserat sätt att beräkna det på. Det skapar utrymme för egna uppfattningar och partiskhet istället för att grunda sig i standardiserade beräkningar och definitioner. Samtliga processteg är standardiserade och finns tillgängliga i Casat vilket innebär att alla operatörer har möjlighet att utföra

arbetet. Det som skiljer dem åt är hur självgående och tidseffektiva de är. Swegons uppskattade mått på kompetens är därför delvis tidsberoende och kan då kopplas till prestationsfaktorn i MPU-ekvationen.

I och med att processerna är standardiserade synliggörs problem enligt avsnitt 2.3.3 vilket möjliggör utveckling av operatörernas kompetens som är en kritisk del av att förbättra användningen av L-Bit då programvaran kräver full kompetens för optimal arbetsutformning. Under intervjuerna med operatörerna uttryckte majoriteten att de är begränsade när det kommer till att rotera enligt L-Bits förslag då alla inte är fullt upplärda inom alla stationer vilket tydligt visar att det är ett område som bör prioriteras under den fortsatta integreringen av L-Bit. Vidareutveckling av kompetensen gynnar även prestationsfaktorn på linan som enligt MPU-faktorerna bidrar till en positiv utveckling av produktivitet som är ett av Swegons huvudmål.

I övrigt är det positivt att Swegon jämför både antalet utbildade operatörer och den genomsnittliga kompetensnivån i samma graf för att undvika missvisande resultat. I och med att en operatör räknas med i antalet utbildade operatörer så fort hen har en kompetensnivå över noll procent är det möjligt för resultatet att visa en stor andel utbildade operatörer även om de kan väldigt lite. Genom att inkludera den genomsnittliga kompetensnivån tar de hänsyn till kvalitet så väl som kvantitet och illustrerar ett mer realistiskt resultat av kompetensnivån.

6.2 Analys och diskussion av kvalitativa data

I följande avsnitt presenteras en analys och diskussion av den insamlade kvalitativa datan som erhöles under intervjutillfällena.

6.2.1 Upplevda effekter vid användning av L-Bit

Den inkonsekventa användningen av L-Bit inom produktionen kan sägas vara den huvudsakliga orsaken till meningsskiljaktigheter samt spridda svar gällande upplevda skillnader i produktionsflöde, störningshantering, arbetsbelastning och stressnivå. Upplevelserna kan även påverkas av individuella förutsättningar.

Bristen i användning av L-Bit under en längre period kan vara en bidragande faktor till att respondenterna inte uppfattat klara skillnader i arbetet då det saknas ett tydligt "före och efter"-stadium som jämförelse. Det som dock noterades ha en större påverkan på operatörernas arbete och bör lyftas är L-Bits visualisering av stationernas beläggning i körplanerna. Körplanerna underlättar för planering av arbetet och tillåter operatörerna i större utsträckning att anpassa och förlita sig på buffertnivåerna de har istället för att fylla dem konstant. Operatörerna kan med körplanerna som stöd fördela samt prioritera arbetsuppgifter vilket i avsnitt 2.7 beskrivits som en åtgärd för att minska stressnivån. Däremot kan lägre buffertnivåer leda till ett mer störningskänsligt flöde, vilket enligt ett antal operatörer orsakar ökad stress eftersom de inte längre har fulla buffertnivåer att falla tillbaka på vid eventuella störningar.

En annan orsak till meningsskiljaktigheter i intervjusvaren gällande upplevda förändringar i arbetet kan bero på vilken kompetensnivå respektive operatör besitter. Den varierande kompetensen innebär att vissa operatörer behöver utföra fler uppgifter utöver det vanliga och sådant extraarbete kan leda

till en oklar arbetsfördelning och förväntning på arbetsinsats. Oklarheten kan därför ligga till grund för varför en del operatörer upplever större skillnader i stressnivå.

För att Swegon ska kunna uppnå sina mål med användningen av L-Bit behöver operatörerna arbeta med programvaran i större omfattning. Icke-verklighetstroga simuleringar framkom ur intervjuerna som en betydande faktor till det inkonsekventa användandet. Då simuleringarna många gånger inte stämmer överens med de verkliga förhållandena eller inte utförs alls väljer operatörerna att inte följa L-Bit utan istället arbeta efter egna erfarenheter och tidigare rutiner, vilket påpekades under intervjuerna. Gruppledaren prioriterar i dagsläget inte att utföra omsimuleringar vid förändringar och operatörerna upplever ingen större efterfrågan av användningen. Den toleranta nivån på kraven för när omsimuleringar bör göras kan även vara en faktor till att det inte prioriteras. För att gruppledaren ska kunna utföra simuleringar mer frekvent för att generera mer verkliga utfall krävs det dels att det finns tid avlagt för gruppledaren att utföra dem, dels en känsla av att behov finns för att utföra omsimuleringarna.

6.2.1.1 Effekter på social hållbarhet i arbetsmiljön

Arbete i manuella monteringsflöden där arbetsuppgifterna består av en hög grad repetition av elementära operationer kan bidra till låg motivation och tillfredsställelse som beskrivits i avsnitt 2.7. Flertalet av de psykosociala faktorerna samt åtgärder kopplat till ohälsa som beskrivits av Arbetsmiljöverket (2002) går att förenas med operatörernas arbete vid användning av L-Bit. Det temporära extraarbetet som vissa operatörer behöver utföra till följd av skillnader i kompetens betyder nödvändigtvis inte att det ger konsekvenser i ohälsa, så länge detta sker under en begränsad tidsperiod. Det temporära extraarbetet bidrar till en oklar arbetsfördelning där operatörerna på grund av bristfällig kommunikation måste lösa otydligheter vilket i sig kan leda till en ohälsosam arbetsbelastning. Genom en utveckling i kompetensen kan det temporära extraarbetet som vissa operatörer behöver utföra minska. Kompetensutvecklingen som resultat av användning av L-Bit kan vidare kopplas till ett mindre monotont och ensidigt arbete som manuell monteringsproduktion många gånger kopplas till i och med att operatörer med bredare kompetens har möjlighet att utföra fler arbetsuppgifter vilket ger variation i arbetsinnehåll.

Vid intervjuerna var det en operatörs svar som stod ut i mängden där hen menade att välbefinnandet har minskat på grund av mindre frihet i arbetet och eget ansvar. Detta kan kopplas till det psykologiska tillståndet som i avsnitt 2.7 beskrivs som känslan av att ha personligt ansvar för resultaten av arbetet. L-Bits styrande av arbetsutformningen kan enligt operatörens påstående hindra att det psykologiska tillståndet uppfylls och därmed hämma motivationen och prestationen.

6.2.2 Kommunikation

Väl fungerande och tydlig kommunikation är som beskrivet i avsnitt 2.5.2 en väsentlig del av effektivt förändringsarbete inom organisationer. Genom möten med projektledaren och analys av resultaten från intervjuerna har variationer i hur kommunikationen har fungerat observerats. Enligt projektledaren, värdeflödesledaren och gruppledaren har projektets mål och strategier förmedlats till operatörerna på Lina B vid flera tillfällen och mer utförlig information har metodansvariga fått ta del av i separata möten. Det har enligt värdeflödesledaren framgått så tydligt som möjligt att L-Bit är ett verktyg ämnat att förse operatörerna med det underlag som krävs för att de ska kunna utföra rätt arbetsuppgifter vid rätt tillfälle och på så sätt utnyttja deras tid på ett effektivt sätt och undvika onödig

stress. Genom att analysera resultatet av operatörsintervjuerna framgår det dock att det råder meningsskiljaktighet i frågan. Flertalet operatörer upplever att kommunikationen har varit bristande vilket kan vara en bidragande faktor i det inkonsekventa användandet av L-Bit.

Enligt majoriteten av operatörerna var informationen kring införandet av L-Bit inte utförlig vilket har bidragit till att de inte upplever att de har varit delaktiga i förändringsprocessen. Det kan ligga till grund för bristen på motivation att använda programvaran då begränsad delaktighet enligt avsnitt 2.5.2 även innebär begränsad förståelse för förändringens vision. Variationer i hur operatörerna har upplevt informationsflödet kan bero på att de metodansvariga fick tillgång till mer information men på grund av önskad anonymitet har de inte urskilts i intervjuresultaten. Trots att metodansvariga har fått delta i möten och har som uppgift att föra vidare relevant information till övriga operatörer kan det utifrån intervjuerna påstås att sådan information inte har kommunicerats, alternativt inte har mottagits. Det kan bero på bristande engagemang bland operatörerna som medför att de inte tar åt sig förklaringar. Exempelvis nämnde två av operatörerna att PLOCK inte är inkluderat i L-Bit trots att det integrerades i systemet för ungefär sex månader sedan. När tidsunderlaget för PLOCK skapades informerades operatörerna enligt projektledaren om det och de kan även se alla stationer som är inkluderade i systemet i översiktsvyn (se figur 4.4 och 4.5) som visas under varje morgonmöte. De bör således vara medvetna om vilka stationer som ingår i L-Bit. Ytterligare ett exempel är att L-Bits operatörsvy (se figur 4.6) visar hur länge en operatör kan lämna en station per arbetspass och de förväntas då använda körplanen som illustreras för varje station för att ta faktabaserade beslut över vart de bör förflytta sig. Det påstods dock av ett par operatörer att de inte får stöd av L-Bit när det kommer till att avgöra när och vart de bör gå. En alternativ möjlighet till kommunikationssvårigheterna kring operatörsrotationen är att information inte har kommunicerats på ett sätt som är begriplig för operatörerna.

Utan en djupare förståelse för hur L-Bit fungerar och vad det förväntas åstadkomma inom produktionen är det en utmaning för metodansvariga och gruppleddare att förmedla företagets vision och strategi med L-Bit till övriga operatörer. Det kan eventuellt åtgärdas genom att prioritera direkt kontakt med operatörerna men att inkludera alla operatörer på linan i möten är opraktiskt, därav är urvalet av metodansvariga förståeligt. Alternativet som Swegon bör överväga är därför att investera mer resurser till att möjliggöra en fri och öppen dialog med metodansvariga och få dem att känna sig betydelsefulla för projektet eftersom de är länken till resten av operatörerna. På så sätt kan företaget lätta på en del av förändringsmotståndet som operatörerna har påvisat. Bristen på information och möjlighet till deltagande leder dessutom till ett mindre engagemang bland operatörerna att använda L-Bit som ett teknikstöd i arbetet.

6.2.3 Förändringsmotstånd

En del av operatörernas förändringsmotstånd kan uppstå oberoende av företagets metoder, men med effektiv kommunikation kan graden av motståndet minska. Det kan exempelvis handla om fruktan för det okända. Operatörerna som har arbetat på Swegon en längre tid har skapat rutiner och anpassade arbetssätt som de är bekväma med. Att implementera något nytt som bryter de rutinerna stör deras personliga arbetsflöde vilket kan mottas på ett negativt sätt om inte nog vikt läggs vid att förändringen är en nödvändighet. Det kan även bero på att de oskrivna förväntningarna bland operatörerna över arbetets utformning bryts i och med att L-Bit uppmuntrar till ett större utnyttjande av arbetstiden. Det är därför viktigt att operatörerna förstår att L-Bit är till för att underlätta för dem. Det ska enligt

värdeflödesledaren ha kommunicerats tydligt, men eftersom det inte framstår som att operatörerna betraktar L-Bit som ett hjälpmedel bör det framföras på alternativa sätt. Orsaker till förändringsmotstånd som framgick mest under intervjuerna var krav på nyinvesteringar och temporärt extraarbete.

För att det ska vara möjligt för operatörer att förflytta sig enligt L-Bits föreslagna plan och effektivisera bemanningen som mål, krävs det som tidigare beskrivit att samtliga operatörer har bred nog kompetens för att klara av att arbeta på de olika stationerna. Detta ställer krav på att operatörerna är villiga att lära sig nya arbetsprocesser. Vissa operatörer uttryckte dock att många är bekväma med sina stationer och ser det som sitt enda ansvarsområde. Eftersom kompetensen på Lina B inte är fullt utvecklad skapar det fler aktiviteter för operatörerna när de behöver planera om stationsindelningen för att tillmötesgå L-Bits plan. Under tiden som L-Bit integreras i produktionen måste operatörerna alltså arbeta mer. Ytterligare ett hinder är att en del av operatörerna förmodar att L-Bits syfte är att minska bemanningen och således resultera i att några av operatörerna riskerar att förlora jobbet vilket kan kopplas till förändringsmotstånd som grundar sig i utsikter till personlig förlust.

Skillnaden i operatörernas utbildningsnivå visar på att krav på nyinvesteringar är nödvändiga. Detta kan vara ytterligare en förklaring till varför det finns tecken som visar på motstånd mot förändring. Införandet av L-Bit innebär indirekt att individer, i detta fall operatörer, åläggs krav på ny kunskap och kompetens. Prestation är en av de tre faktorerna som produktivitet beror på enligt ekvation 2.5 vilket innebär att kompetensbristen som begränsar möjligheten att utnyttja L-Bit fullt ut hämmar produktiviteten. L-Bit utgår i grunden från ideala förhållanden och tar inte hänsyn till den individuella prestationsfaktorn hos respektive operatör utan det är något som måste läggas in manuellt. I dagsläget är det dock inte en åtgärd som tas vilket har en negativ inverkan på operatörernas användande av L-Bit då fler operatörer måste förflytta sig för att förhålla sig till L-Bits förslag.

Tillgängligheten på resurser har tidigare i avsnitt 2.5.2 beskrivits som en förutsättning för framgångsrik förändring. Avsaknaden av en bred kompetens hos samtliga operatörerna visar att denna förutsättning inte är uppnådd och kan därmed förhindra en resultatrik förändring med tydliga effekter. Skillnaden i kompetens beskrivs dessutom av operatörerna som en av orsakerna till att L-Bit inte alltid används och följs av dem. Behovet av att utveckla kompetensen inom gruppen synliggörs på så sätt med användandet av L-Bit.

6.3 Förbättringsmöjligheter

På grund av det inkonsekventa användandet av L-Bit inom produktionen och orsakerna bakom det behandlar en av förbättringsmöjligheterna organisatoriska aspekter. För att förbättra användandet av L-Bit och kunna uppnå målen är tydlig kommunikation, som tidigare nämnt i diskussionskapitlet, en grundläggande förutsättning för att få igenom en lyckad förändring vid implementering och motarbeta förändringsmotstånd. En tydligare kommunikation mellan ledare och operatörer kan kompletteras med eventuell utbildning för att operatörerna ska kunna använda L-Bit optimalt.

Icke-verklighetstroga simuleringar framkom som en av de vanligaste orsakerna till att L-Bit inom produktionen inte använts konsekvent. Eftersom L-Bit i grunden utgår från att samtliga operatörer är fullt upplärda kan Swegon i nuläget tillsätta en tidsfaktor till stationer där en operatör med ofullständig kompetens står för att L-Bit ska simulera så verkliga utfall som möjligt. Med beräkningar

och simuleringar som tagit hänsyn till kompetensvariationer kan utfallen bli mer realistiska. I första hand bör dessa funktioner användas för att simuleringarna ska bli mer verklighetstroga och kunna användas av operatörerna. Det går dock att diskutera huruvida operatörernas brister ska tilläggas i L-Bit eller om fokus bör läggas på att komplettera de rådande bristerna genom att utöka kompetensen och öka förståelsen för användande av L-Bit. Swegons framtida planer som beskrevs i avsnitt 4.3 inkluderar bland annat att göra L-Bit mer automatiserat med ett nytt instruktionssystem för att programmet ska kunna uppdateras i realtid. Planer finns även för att kunna utföra kontinuerliga simuleringar. Detta är planer som främjar användandet av L-Bit och underlättar för mer verklighetstroga simuleringar, vilket i nuläget har visat sig vara en utmaning.

6.4 Metodreflektion

Under arbetets gång ändrades inriktningen en aning då alltmer information gjordes tillgänglig vilket kan ha medfört att metodvalet anses som mindre lämpligt. Intervjufrågorna utformades med förutsättningen att operatörerna hade mer erfarenhet av att arbeta med L-Bit och kunskap gällande hur programvaran fungerar. I efterhand har det diskuterats om frågor inriktade på själva användandet av L-Bit, snarare än innan och efter implementeringen, hade bidragit till mer givande svar. Mer utförliga förklaringar av intervjufrågorna hade säkerligen även bidragit till att operatörerna kunde ge mer genomtänkta svar. Arbetet utfördes under ett stadie där användandet av L-Bit fortfarande befann sig i en pågående implementering inom produktionen.

På grund av inkonsekvent användande har de upplevda effekterna på produktionsflödet varit spridda och svåra att dra generella slutsatser ur. Hade undersökningen genomförts under ett senare stadie av användandet av L-Bit hade den kvalitativa insamlade datan troligtvis gett annorlunda svar. Vidare hade intervjusvaren skiljt sig då respondenterna haft mer erfarenhet av programvaran och sannolikt även upplevt tydligare effekter. En kritik vid intervjuerna är att det kan ha förekommit följdfrågor som påverkat respondenten. Att genomföra testintervjuer innan de faktiska intervjuerna hade tillåtit författarna att säkerställa att de ämnesområden som var mest relevanta för arbetet har fångats upp samt möjlighet till att ändra frågorna i intervjuguiden. På grund av den ändrade riktningen under arbetets gång blev en del intervjufrågor irrelevanta.

Den kvantitativa datan som vid metodvalet var tänkt att användas för att jämföra och se vilka effekter som kan påvisas vid användningen av L-Bit var svår att få fram dels på grund av en avsaknad av kvantitativa data från när L-Bit använts under en längre period. Tillgång av rådata för uppmätt stopptid och produktivitet hade varit intressant för att kunna välja ut perioder som är mer relevanta för att analysera exempelvis hur stopptiden och produktiviteten såg ut under den tredagars testperioden som gjordes.

6.5 Framtida arbeten

Eftersom undersökningen för det här arbetet gjordes under ett tidigt stadie av den pågående implementering är det relevant för Swegon att undersöka vilka effekter L-Bit medför efter ett konsekvent användande under en längre period. De föreslagna förbättringsmöjligheterna bör även ha tagits hänsyn till. Detta för att med större säkerhet kunna påvisa vilka effekter L-Bit har på produktionsflödet. Hur L-Bit kan implementeras på andra monteringsflöden i fabriken kan även vara av intresse. Ytterligare ett intresseområde är mätning av produktivitet enligt MPU-faktorerna i syfte att identifiera förbättringsmöjligheter.

7. SLUTSATS

I detta kapitel besvaras frågeställningarna genom att summera arbetets slutsatser utifrån den analys av resultaten som utförts.

Vad har implementering av L-Bit i den dagliga verksamheten haft för effekter på produktionsflödet i Lina B?

Implementeringen av L-Bit har lett till att den genomsnittliga stopptiden har minskat både för 2021 och 2022. Datan visade även en ökning av produktiviteten. Det går att anta att den största delen som bidragit till minskad stopptid och ökad produktivitet är användningen av optimerade produktionssekvenser samt de nya balanseringar som gjorts eftersom L-Bit inom produktionen inte har använts i lika stor utsträckning för att ha haft en tydlig påverkan på den kvantitativa datan. Det finns alltså potential till att minska stopptiden ytterligare samt öka produktiviteten om linan bemannas optimalt genom att operatörerna följer och använder L-Bit inom produktionen som stöd för att ta faktabaserade beslut kring arbetet.

Vilka effekter har operatörerna upplevt efter implementeringen av L-Bit i Lina B?

På grund av ett inkonsekvent användande av L-Bit inom produktionen samt operatörernas kompetensvariationer har upplevelser kring arbetsbelastning och stressnivå varierat. En positiv aspekt som operatörerna själva har påpekat är att fler operatörer nu roterar och stöttar på grund av L-Bit, även de som operatörerna har påstått är väldigt bekväma i sina egna stationer. Överlag framkommer det dock att operatörerna har en mer negativ än positiv inställning till L-Bit, troligtvis på grund av bristfällig kommunikation under förändringens upptagningsfas och det faktum att det inte är användbart när det i många fall inte simuleras korrekt eller simuleras alls.

Vilka effekter har produktionsplanerare och gruppleddare upplevt efter implementeringen av L-Bit?

För planeraren har den största effekten varit en större upplevd säkerhet och trygghet att den valda produktionssekvensen ger ett bra utfall med så lite stopp som möjligt. Gruppleddaren upplever att hen har ett mer faktabaserat beslutsunderlag med hjälp av simuleringarna men anser dock att kraven på manuell input innebär en ökad arbetsbelastning.

Vilka förbättringsmöjligheter finns för användning av L-Bit?

När det kommer till förbättringsmöjligheter ser vi att Swegon i första hand behöver etablera starkare kommunikationskanaler mellan operatörer och ledare för att främja motivationen och minska förändringsmotståndet hos operatörerna. Att fortsätta utveckla kompetensen inom linan är ytterligare ett område som bör prioriteras eftersom en stor del av L-Bit inom produktionen handlar om hur operatörerna förflyttar sig. Sen har L-Bit funktioner som gör det möjligt att lägga till tidsfaktorer på stationer för att till exempel ta hänsyn till att operatörer under upplärning inte jobbar lika fort, och stationer kan även låsas för att förhindra att L-Bit föreslår oönskad förflyttning av bland annat oerfarna operatörer. De funktionerna bör användas för att göra simuleringarna mer verklighetstroga. Simuleringarna i sig bör utföras kontinuerligt under dagen för att säkerställa att informationen är aktuell och således användbar för operatörerna. Till sist vill vi lyfta möjligheten för Swegon att beräkna produktivitet med MPU-faktorerna för att skapa en grund för framtida förbättringsarbeten.

Referenslista

- Abednego, L., Nugraheni, C., & Widyarini, M. (2021). A Combination of Palmer Algorithm and Gupta Algorithm for Scheduling Problem in Apparel Industry. *International Journal of Fuzzy Logic Systems*, 11(1), 1-12. DOI: 10.5121/ijfls.2021.11101
- Almström, P. (2013, 9 juni - 13 juni). *Performance and utilization factors for manual and semi-automated work* [Paper presentation]. EUROMA 2013 Conference. Dublin, Irland.
- Almström, P., Kinnander, A. (2011). The productivity potential assessment method: Assessing and benchmarking the improvement potential in manufacturing systems at shop-floor level. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 60(7), 758-770. <https://doi.org/10.1108/17410401111167825>
- Arbetsmiljöverket. (2002) Systematiskt arbetsmiljöarbete mot stress. Ödeshög: Danagårds Grafiska Stockholm: Arbetsmiljöverket
- Arbetsmiljöverket. (2016). Den organisatoriska och sociala arbetsmiljön - viktiga pusselbitar i en god arbetsmiljö.
- Battini, D., Faccio, M., Persona, A. & Sgarbossa, F. (2009). Balancing–sequencing procedure for a mixed model assembly system in case of finite buffer capacity. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 44, 345-359. DOI:[10.1007/S00170-008-1823-8](https://doi.org/10.1007/S00170-008-1823-8)
- Boysen, N., Fliedner, M. & Scholl, A., (2008). Assembly line balancing: Which model to use when? *Production Economics*, 111, 509-528
- Bryman, A., Bell, E. (2011). *Företagsekonomiska forskningsmetoder*. Stockholm: Liber.
- Cormen, T., Leiserson, C. Rivest, R., & Stein, C. (2009) Greedy Algorithms. I *Introduction to Algorithms* (3. uppl.). The MIT Press.
- Dolgui, A., Sgarbossa, F., & Simonetto, M., (2022). Design and management of assembly systems 4.0: systematic literature review and research agenda. *International Journal of Production Research*, 60:(1), 184-210. DOI:[10.1080/00207543.2021.1990433](https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1990433)
- Eiselt, H., Sandblom, C. (2000). Heuristic Algorithms. I *Integer Programming and Network Models* (ss. 229-258). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04197-0_11
- Eliasson. A., (2010). *Kvantitativ metod från början*. Lund: Studentlitteratur
- Holweg. M., Davies. J., De Meyer. A., Lawson. B. & Schmenner, R. (2018). *Process Theory : The Principles of Operations Management: Vol. First edition*. OUP Oxford.
- Hu, S.J., Ko, J., Weyand L., El-Maraghy, H.A., Lien, T.K., Koren, Y., Bley, H., Chryssolouris, G., Nasr, N., Shpitalni, M. (2011). Assembly system design and operations for product variety. *CIRP Annals*, 60:(2), 715-733.
- Jacobsen. D-I. & Thorsvik. J. (2021) *Hur moderna organisationer fungerar (5e upplagan)*, Lund: Studentlitteratur.
- Klev, R., Levin, M. (2012) *Participative Transformation: Learning and Development in Practicing Change*. England: Gower Publishing Company
- Lafou, M., Mathieu, L., Pois, S., & Alochet, M. (2016). Manufacturing System Flexibility: Product flexibility Assessment. *Procedia CIRP*, 41, 99-104. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.046>

- Liker, J.K. (2021). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (2. uppl.). New York: McGRAW-HILL.
- Man, K., Tang, K., & Kwong, S. (2001). *Genetic algorithms: Concepts and designs*. Springer London, Limited.
- MTM-föreningen i Norden (2018). *Sekvensbaserad aktivitets- och metodanalys*. Hämtad 22 mars 2022 från: <https://www.mtmnorden.com/sekvensbaserad-aktivitets-och-metodanalys/>
- Neoh, S-C., Morad, N., Lim, C-P., Abdul Aziz, Z., (2010). A Layered-Encoding Cascade Optimization Approach to Product-Mix Planning in High-Mix-Low-Volume Manufacturing. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part A: Systems and Humans*, 40(1), 133-145. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=5256255>
- Patel, R., Davidson, B., (2007). *Forskningsmetodikens grunder: Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund: Studentlitteratur.
- Rekiek, B., Delchambre, A., (2006). *Assembly Line Design: The Balancing of Mixed-Model Hybrid Assembly Lines with Genetic Algorithms*. London: Springer-Verlag.
- Sakamoto, S. (2010) *Beyond World-Class Productivity - Industrial Engineering Practice and Theory*. London: Springer-Verlag.
- Schulze, M. A., (2000) *Linear Programming for Optimization*.
- Trost, J. (2010). *Kvalitativa intervjuer*. (4. uppl.) Lund: Studentlitteratur.
- Zandin, Kjell B. (Ed.). (2001). *Maynard's Industrial Engineering Handbook* (5. uppl.) New York: McGRAW-HILL.

Bilaga 1. Intervjuguide

Intervjuguide

1. Hur väl fungerar kommunikationen?
 - a. Hur informerad var du vid införandet av L-Bit?
 - b. Vet du vad målen och syftet med L-Bit är?
 - c. Kände du att ni var involverade i beslutet eller på något sätt hade kunnat påverka planen?

2. Hur har arbetsbelastningen påverkats av L-Bit?
 - a. Upplever du att produktionsflödet är jämnare?
 - b. Upplever du att arbetsbelastningen är jämnare med sekvensplanering från L-Bit jämfört med tidigare när fasta utjämningsregler användes?
 - c. Hur är din upplevda stressnivå jämfört med innan införandet? Med L-Bit är det möjligt att producera "tyngre" mix på samma bemanning
 - d. Hur väl fungerar systemet att montörer förväntas hoppa till andra stationer när det är tid över?
 - e. Vad upplever du personligen är den största skillnaden i ditt arbete efter införandet av L-Bit?
 - f. Vad skulle du säga är den största skillnaden i Lina B efter införandet av L-Bit?

3. Störningar
 - a. Anser du att flödet har blivit mer störningskänsligt?
 - b. Jämfört med innan användningen av L-Bit, var störningshanteringen lättare eller svårare

4. Om det finns något med implementeringen du hade velat göra annorlunda, vad skulle det vara?

5. Har du möjlighet att ge förslag på mer effektiva justeringar eftersom ni arbetar med det dagligen?

Bilaga 2. Intervjusammanställning för frågor om kommunikation och delaktighet

Respondent	Hur informerad var du vid införandet av L-Bit?	Vet du vad målen och syftet med L-Bit är?	Kände du att du var involverade i beslutet eller på något sätt hade kunnat påverkat planen?
Operatör 1	Inte jätteinformerad, vi visste att vi skulle gå efter ett program	Dra ner på personalen, tror jag. Vi ska kunna rotera när vi inte har något att göra. Det har inte riktigt kommunicerats av ledningen	Nej, inte alls
Operatör 2	Sådär	Effektivisera bemanningen, hoppa mellan stationer, flexibilitet	Nej
Operatör 3	Vi var nog ganska bra informerade. Det hjälpte att de stod ute hos oss i början	Antar att det är för att få ett bättre flöde. Ledarna hade kunnat kommunicera syftet bättre för många undrar varför vi ens använder det	Vi var inte delaktiga i det, det var bara bestämt att det skulle köras
Operatör 4	Vi fick en snabb genomgång, vi var testgruppen så vi fick väl mest kastas in i det	För att underlätta arbetet tror jag och jämna ut flödet. Cheferna har varit rätt tydliga med att de tycker att det är bra och vi har försökt diskutera med dem för att få fram våra åsikter	Jag tror inte det
Operatör 5	Ingenting typ, det var ingen som fick information som grupp	Jo, men det tycker jag att jag vet. De säger ett syfte men vi andra tror på ett annat syfte, att de vill skära ner på folk	Nej
Operatör 6	Fick väl reda på det som alla andra på banan under ett morgonmöte	Det är väl för att optimera arbetstiden med personal och bemanningen	Det vet jag inte, inte jag personligen iallafall
Operatör 7	Inte särskilt, inte så insatt var jag	Målet måste väl vara att det ska bli mer styrt och att vi ska kunna styra så att vi får inblick i hur man placerar personer, vill jag hävda	Nej det kan jag inte säga

Bilaga 3. Intervjusammanställning för frågor om förändring i arbetssätt

Respondent	Upplever du att produktionsflödet är jämnare?	Hur upplever du att arbetsbelastningen påverkats efter införandet av L-Bit?	Hur är din upplevda stressnivå jämfört med innan införandet?
Operatör 1	Nja, i början när cheferna var med så tyckte jag att det gick väldigt bra. Sekvensen upplevs mycket bättre uppdelad nu, men det beror på vad som säljs	Ingen jättestor skillnad	När det funkar bra upplever jag att stressnivån gått ner lite
Operatör 2	Nej, det har varit som vanligt	Nej, det har varit samma	Ingen skillnad, som vanligt
Operatör 3	När L-Bit funkar så ja, men nu i början kan inte alla allt så det blir mycket pusslande	Jag tycker nog att det är samma	Vi vet vad vi hinner med och inte, men det hjälper att L-Bit ger en tydligare bild av vad som kommer
Operatör 4	Både ja och nej. Vissa dagar stämmer inte simuleringen men de dagar det har funkat bra känns det jämnare	Jag är inte helt hundra på om L-Bit bestämmer ordningen eller om det bara visar ordningen. Vet inte om det har blivit så mycket jämnare, känns oftare tyngre på eftermiddagarna. Jag är en av de som har kastats runt mest så jag har fått mer varierat arbete	Det hjälper väldigt mycket att kunna se bufferten och vilka aggregat som kommer, hur tunga de är och hur lång tid det tar.
Operatör 5	Jag tycker inte att det är någon större skillnad mot innan	Vi har alltid hjälp till där det behövs så där har det inte ändrats	Det är mer stressigt med mindre buffertar när man går enligt L-Bit.
Operatör 6	Varken ja eller nej. Många gånger stämmer det (tidsmässigt, bemanning) inte överens med verkligheten... De få gångerna det har funkat har det gått hyfsat men finns ingen dag då det går perfekt	Ska jag vara ärlig så märker jag ingen skillnad	Ingen skillnad
Operatör 7	Nej, det tror jag inte	Svårt att svara på, inte jättestor skillnad	Den är högre nu, mindre frihet på eget ansvar... För att känna välbefinnandet i arbetet behöver det finnas ett eget ansvar som försvinner med L-Bit eftersom det är styrt på det sättet

Bilaga 4. Intervjusammanställning för frågor om förändring i arbetssätt

Respondent	Upplever du att flödet har blivit mer störningskänsligt efter L-Bit?	Jämfört med innan användningen av L-Bit, är störningshanteringen lättare eller svårare?	Hur väl fungerar systemet att montörer förväntas hoppa till andra stationer när det är tid över?
Operatör 1	Nej, det tycker jag nog inte. Det har gått ganska bra ändå. Snarlikt samma som med utan L-Bit	Det ligger ungefär på samma, ingen jättestor skillnad iallafall	Nej, jag tycker inte att folk använder sig av det om det inte står någon som dirigerar. Många som motarbetar L-Bit eftersom de tycker att cheferna ska vara ute och säga till att nu ska du göra så och så. Folk är bekväma och väldigt fastklitrade vid sin station och tar inte initiativ till att följa operatörsvyn. Nackdelen är att alla inte kan allt och då blir det att vissa måste flytta på sig hela tiden och vissa står kvar på samma ställe. Blir en känsla av "jobba jobba jobba", folk vill ha en liten paus ibland
Operatör 2	Nej	Samma	Det följs inte
Operatör 3	Ja, eftersom vi nu inte alltid har fulla buffertar att falla tillbaka på	Ingen skillnad	Jag tycker att det funkar bra, men en nackdel är att alla inte har kompetensen att flytta på sig. Hade vi varit bredare i kompetensen hade det funkade mycket bättre.
Operatör 4	Det vet jag faktiskt inte, tycker inte att det är någon större skillnad	Det är samma	Det är inte alltid alla som kan hjälpa till eftersom alla inte har kompetensen och då måste två-tre personer kastas runt för att lösa det L-Bit säger. Plocket är inte med och då kan de inte få hjälp när de behöver. Hinner inte alltid gå in och kolla på operatörsvyn. L-Bit visar hur det borde se ut, inte hur verkligheten är. L-Bit borde visa var det är tungt och behövs folk, då kan man anpassa vilken person som ska dit
Operatör 5	Ja. Vid materialbrist t.ex. hade vi mer tid på oss att lösa det innan för buffertarna var fulla. Men samtidigt är det mindre stressigt att inte behöva ha dem fulla	Det är lite både och men överlag märks det inte att vi använder det, förutom när ledarna står och kollar. Verkligheten ser annorlunda ut från L-Bit ibland	När det väl funkar så följer vi det, men det är lite svårt att veta när det är passande att gå ifrån. Gruppledaren ligger inte på direkt så vi kollar inte L-Bit så mycket under dagen. L-Bit visar hur länge man kan vara borta från stationen men inte när
Operatör 6	Det är känsligt hela tiden men skulle inte säga att det blir mer känsligt.	Svårt att säga, ungefär samma	Svårt att säga, det synkar inte med de orderna som vi står och gör mot det programmet säger.
Operatör 7	Ja, det vill jag nog säga för det är bemannat precis som det ska vara. Även på grund av att allt inte är med som plocket.	Märker ingen större skillnad	Kan inte svara helt och hållet. Tycker det är positivt att det visar att det finns tid till annat, går att se körplanen längre fram och mer tydligt. Eftersom alla stationer inte är med så det blir lite missvisande, sedan tar inte L-Bit hänsyn till annat strul vilket lämnar hålrum

Bilaga 5. Intervjusammanställning för frågor om förändring i arbetssätt

Respondent	Vad upplever du personligen är den största skillnaden i ditt arbete efter införandet av L-Bit?	Vad upplever du personligen är den största skillnaden i hela Lina B efter införandet av L-Bit?
Operatör 1	För mig har det inte påverkat så mycket. Jag är ganska allround och gör väldigt mycket ändå	Vi som jobbar på biflödet har det lite lugnare eftersom vi kan se körplanen tydligare och ligga lite före och planera och förbereda
Operatör 2	Ingen skillnad alls	Ingen alls
Operatör 3	Jag tycker inte det är jättestor skillnad. Många av oss jobbade så här innan med att hjälpa till. Vi har insett att buffertarna inte behöver vara fulla hela tiden utan vi hinner gå iväg	Nu måste alla hjälpa till. Förut var det bara några som tog initiativ
Operatör 4	Får in tänket att nu har jag denna buffert och kan gå iväg och hjälpa till istället för att stå och vänta	Uppmuntrat till att hjälpa till dock inte alla som gör det och har det tänket. Det har tidigare varit en utmaning med att få alla att hjälpa till eftersom vissa tänker att "det är min station", "mitt arbete", "någon annan tar väl det"
Operatör 5	Jag tycker inte det är så stor skillnad. Man går dit det behövs. Hade programmet fungerat hela tiden och värdeflödesledaren engagerat sig hade det använts mer av oss	Folk är mer stressade, men det beror på personen. Alla kan inte allt så vi kan inte alltid gå iväg när L-Bit säger att vi borde det
Operatör 6	Jag vet inte. Förut när vi hade problem så stod vi bara och gapade, nu visar L-Bit hur många personer vi borde vara. Det är ungefär samma bara att L-Bit säger till istället för att vi själva säger till.	Överlag är det en liten skillnad. Vissa dagar funkar det bättre och vissa dagar lite sämre, det är till och från. Men oftast är problemen material eller tunga varianter.
Operatör 7	Jag vet inte riktigt vad skillnaden kan vara, det skiljer sig nog inte så mycket	Personligen tycker jag att man får en högre stressnivå när man måste hoppa runt för det kan vara så korta tider det handlar om

Bilaga 6. Intervjusammanställning för frågor om möjlighet till deltagande och förbättringsmöjligheter

Respondent	Har du möjlighet att ge förslag på effektiva justeringar då ni arbetar med det dagligen?	Om det finns något med implementeringen du hade velat göra annorlunda, vad skulle det vara?
Operatör 1	Ja, men det arbetas inte så mycket med det just nu för L-Bit kommer försvinna in i ett annat program som kommer om tre-fyra månader så känns inte som att det läggs mycket effekt på det	Staplarna är uppdelade i olika aktiviteter med sekunder, men det hade varit bättre om man kunde se den totala tiden för hela aggregatet.
Operatör 2	Nej	Synka mer med verkligheten, simuleringarna stämmer då
Operatör 3	Det har krånglat mycket så vi har inte fått jobba med det ordentligt nog för att ge feedback, men de är här ute och kollar och uppmuntrar oss att prata med dem	Bättre förklaring så alla förstår varför vi använder det för en del tog det som att de bara vill ta bort personal. Vill vi visa att det funkar om vi kan bli av med jobbet.
Operatör 4	Det har vi gjort, men vet inte om de har tagit sig åt det. Det kändes som att det gick bättre när chefen och PT stod och kollade på eftersom alla skötte sig och så hjälpte de till	Det gick fort, vi är en stor grupp och infon kommer inte alltid fram till alla. Språket brister och vi tycker att de hade behövt samla gruppen mer och gå igenom L-Bit. Hade kanske underlättat om det visades i storskärm istället för att man själv måste gå in och byta sida och kolla
Operatör 5	Jo, vi kan komma med förslag men om de gör nåt åt det är en annan sak. Vi ska få ett nytt program snart så det känns onödigt att lägga tid på ett program som ska ersättas	Mer information så folk förstår varför det används. Alla var stressade i början över hur det skulle gå. Hade vi haft mer inblick i det hade det varit annorlunda
Operatör 6	Nej, tror jag inte. Jag har inte reflekterat över det så mycket. Säger till nån det går vidare men sen stannar det och följs inte upp	Om L-Bit skulle kunna automatiseras med instämplingen för att det automatiskt ska kunna se hur många personer det är eftersom det har missats många gånger. Det är oftast den mänskliga faktorn som glömmer av att skriva in parametern
Operatör 7	Nej, det känns inte så	Få med mer hur man kan få mer hjälp på längre sikt och styrning på en hel dag och aggregaten. Styra upp mer så att man kan ha en person på ett ställe längre.

Bilaga 7. Kompetensmatriser för februari, mars, april och maj för år 2022

KOMPETENSMATRIS FEBRUARI

	PLOCK	UTSKRIFT	EL	MEK	ISO 1	ISO 2	ISO 3	HF	DOCK	EOL
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
OP 1	70	20	0	50	100	100	100	75	100	75
OP 2	90	0	70	0	0	0	90	0	0	0
OP 3	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0
OP 4	100	75	100	100	100	75	100	50	60	50
OP 5	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
OP 6	100	100	100	100	100	100	100	100	80	80
OP 7	100	100	100	100	80	0	0	0	0	0
OP 8	80	0	20	80	100	100	100	100	100	100
OP 9	80	20	0	0	0	0	80	0	0	0
OP 10	100	0	100	70	100	100	100	100	0	0
OP 11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
OP 12	100	100	100	50	100	50	80	90	0	0
OP 13	100	100	100	100	0	0	0	100	0	0
OP 14	25	0	0	0	100	100	100	100	100	100
OP 15	100	50	100	100	100	100	100	100	60	0
OP 16	25	0	100	100	100	100	100	100	100	0
OP 17	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
OP 18	100	75	0	75	0	0	100	100	0	0
OP 19	100	0	0	0	100	100	100	100	0	0
OP 20	80	0	0	0	100	100	100	100	0	0
OP 21	100	0	0	100	100	100	100	50	0	0
OP 22	60	0	0	100	100	100	100	100	0	0
OP 23	50	0	0	100	100	100	100	100	0	0
OP 24	100	50	50	100	100	50	100	0	0	0
OP 25	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0

KOMPETENSMATRIS MARS

	PLOCK	UTSKRIFT	EL	MEK	ISO 1	ISO 2	ISO 3	HF	DOCK	EOL
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
OP 1	70	20	0	50	100	100	100	75	100	75
OP 2	90	0	70	0	0	0	90	0	0	0
OP 3	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0
OP 4	100	75	100	100	100	75	100	50	60	50
OP 5	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
OP 6	100	100	100	100	100	100	100	100	80	80
OP 7	100	100	100	100	80	0	0	0	0	0
OP 8	80	0	20	80	100	100	100	100	100	100
OP 9	80	20	60	0	0	0	80	0	0	0
OP 10	100	0	100	70	100	100	100	100	100	100
OP 11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
OP 12	100	100	100	50	100	50	80	90	0	0
OP 13	100	100	100	100	0	0	0	100	0	0
OP 14	25	0	0	0	100	100	100	100	100	100
OP 15	100	50	100	100	100	100	100	100	60	0
OP 16	25	0	100	100	100	100	100	100	100	0
OP 17	50	0	0	0	0	100	0	0	0	0
OP 18	100	75	0	75	0	0	100	100	0	0
OP 19	100	0	0	0	100	100	100	100	0	0
OP 20	80	0	0	0	100	100	100	100	0	0
OP 21	100	0	0	100	100	100	100	100	0	0
OP 22	0	0	0	0	30	100	0	0	0	0
OP 23	50	0	0	100	100	100	100	100	0	0
OP 24	100	50	50	100	100	50	100	75	0	0
OP 25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OP 26	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0

KOMPETENSMATRIS APRIL

	PLOCK	UTSKRIFT	EL	MEK	ISO 1	ISO 2	ISO 3	HF	DOCK	EOL
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
OP 1	70	20	0	50	100	100	100	75	100	75
OP 2	90	0	70	0	0	0	90	0	0	0
OP 3	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0
OP 4	100	75	100	100	100	75	100	50	60	50
OP 5	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
OP 6	100	100	100	100	100	100	100	100	80	80
OP 7	100	100	100	100	80	0	0	0	0	0
OP 8	80	0	20	80	100	100	100	100	100	100
OP 9	80	20	60	0	0	0	80	0	0	0
OP 10	100	0	100	70	100	100	100	100	100	100
OP 11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
OP 12	100	100	100	50	100	50	80	90	0	0
OP 13	100	100	100	100	0	0	0	100	0	0
OP 14	25	0	0	0	100	100	100	100	100	100
OP 15	100	50	100	100	100	100	100	100	60	0
OP 16	25	0	100	100	100	100	100	100	100	0
OP 17	50	0	0	0	0	100	0	0	0	0
OP 18	100	75	0	75	0	0	100	100	0	0
OP 19	100	0	0	0	100	100	100	100	0	0
OP 20	80	0	0	0	100	100	100	100	0	0
OP 21	100	0	0	100	100	100	100	100	0	0
OP 22	0	0	0	0	30	100	0	0	0	0
OP 23	50	0	0	100	100	100	100	100	0	0
OP 24	100	50	50	100	100	50	100	75	0	0
OP 25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OP 26	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0

KOMPETENSMATRIS MAJ

	PLOCK	UTSKRIFT	EL	MEK	ISO 1	ISO 2	ISO 3	HF	DOCK	EOL
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
OP 1	70	20	0	50	100	100	100	75	100	75
OP 2	90	0	70	0	0	0	90	0	0	0
OP 3	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0
OP 4	100	75	100	100	100	75	100	50	60	50
OP 5	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
OP 6	100	100	100	100	100	100	100	100	80	80
OP 7	100	100	100	100	80	0	0	0	0	0
OP 8	80	0	20	80	100	100	100	100	100	100
OP 9	80	20	60	0	0	0	80	0	0	0
OP 10	100	0	100	70	100	100	100	100	100	100
OP 11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
OP 12	100	100	100	50	100	50	80	90	0	0
OP 13	100	100	100	100	0	0	0	100	0	0
OP 14	25	0	0	0	100	100	100	100	100	100
OP 15	100	50	100	100	100	100	100	100	60	0
OP 16	25	0	100	100	100	100	100	100	100	0
OP 17	50	0	0	0	0	100	0	0	0	0
OP 18	100	75	0	75	0	0	100	100	0	0
OP 19	100	0	0	0	100	100	100	100	0	0
OP 20	80	0	0	0	100	100	100	100	0	0
OP 21	100	0	0	100	100	100	100	100	0	0
OP 22	0	0	0	0	30	100	0	0	0	0
OP 23	50	0	0	100	100	100	100	100	0	0
OP 24	100	50	50	100	100	50	100	75	0	0
OP 25	70	0	0	0	0	0	70	0	0	0
OP 26	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se



CHALMERS