

LiU-ITN-TEK-G--19/020--SE

Utformning och linjebalansering av framtida produktionslina - En studie hos HTC Sweden AB

Julia Karlsson

Lovisa Malmehed

2019-06-05



LiU-ITN-TEK-G--19/020--SE

Utformning och linjebalansering av framtida produktionslina - En studie hos HTC Sweden AB

Examensarbete utfört i Logistik
vid Tekniska högskolan vid
Linköpings universitet

**Julia Karlsson
Lovisa Malmehed**

Handledare Micael Thunberg
Examinator Stefan Engevall

Norrköping 2019-06-05

Upphovsrätt

Detta dokument hålls tillgängligt på Internet – eller dess framtida ersättare – under en längre tid från publiceringsdatum under förutsättning att inga extraordinära omständigheter uppstår.

Tillgång till dokumentet innebär tillstånd för var och en att läsa, ladda ner, skriva ut enstaka kopior för enskilt bruk och att använda det oförändrat för ickekommersiell forskning och för undervisning. Överföring av upphovsrätten vid en senare tidpunkt kan inte upphäva detta tillstånd. All annan användning av dokumentet kräver upphovsmannens medgivande. För att garantera äktheten, säkerheten och tillgängligheten finns det lösningar av teknisk och administrativ art.

Upphovsmannens ideella rätt innefattar rätt att bli nämnd som upphovsman i den omfattning som god sed kräver vid användning av dokumentet på ovan beskrivna sätt samt skydd mot att dokumentet ändras eller presenteras i sådan form eller i sådant sammanhang som är kränkande för upphovsmannens litterära eller konstnärliga anseende eller egenart.

För ytterligare information om Linköping University Electronic Press se förlagets hemsida <http://www.ep.liu.se/>

Copyright

The publishers will keep this document online on the Internet - or its possible replacement - for a considerable time from the date of publication barring exceptional circumstances.

The online availability of the document implies a permanent permission for anyone to read, to download, to print out single copies for your own use and to use it unchanged for any non-commercial research and educational purpose. Subsequent transfers of copyright cannot revoke this permission. All other uses of the document are conditional on the consent of the copyright owner. The publisher has taken technical and administrative measures to assure authenticity, security and accessibility.

According to intellectual property law the author has the right to be mentioned when his/her work is accessed as described above and to be protected against infringement.

For additional information about the Linköping University Electronic Press and its procedures for publication and for assurance of document integrity, please refer to its WWW home page: <http://www.ep.liu.se/>

Sammanfattning

HTC Sweden AB är ett företag som tillverkar slipmaskiner för golv, vars huvudkontor är beläget i Söderköping. Under de senaste två åren har HTC Sweden AB genomfört stora förändringar vilket i det stora hela har bidragit till ökade produktionsvolymen. Företaget har beslutat om ett nytt processval för att kunna möta den ökade efterfrågan genom att implementera en produktionslina. Studiens mål är att ta fram ett förslag på produktionslinans utformning och hur monteringsoperationer skall balanseras. Detta görs utifrån att besvara tre frågeställningar, med syftet om att uppnå ett effektivt flöde i produktionen genom jämna taktider.

För att kunna utföra linjebalanseringen krävs kunskap om operationernas sekvens samt tiden för att utföra respektive operation. Därför har ett aktivitetsnätverk utformats genom insamling av sekundärdata, i form av monteringsbeskrivningar och tidigare utförda tidsstudier, observationer i monteringen och intervjuer med personal på HTC Sweden AB. Utifrån aktivitetsnätverket har olika förslag på linjebalanseringar genomförts för att sedan analysera dessa med hjälp av tre utvärderingsindex. Genom att minimera utvärderingsindexen resulterar detta i det bästa förslaget gällande linjebalansering. I studien resulterar linjebalanseringsförslag 2 och 4 i de lägsta värdena. Förslagen innebär att chassi kommer före sliphuvud i monteringsordningen, där skillnaden mellan förslagen är att slutmonteringen sker på två olika vis. Det förslag som HTC rekommenderas att implementera är förslag 4.

Förbättringsförslag angående implementeringen av den nya produktionslinan i jämförelse med den nuvarande monteringen har fastställts. Detta gäller även rekommendationer för att göra produktionslinan så effektiv som möjligt och därmed kunna möta den ökade efterfrågan. Innan produktionslinan skall implementeras måste HTC genomföra vidare studier, som bland annat omfattas av linjebalansering och nätverksplanering av resterande modeller. Därefter måste materialförsörjningen planeras för samtliga modeller som skall ingå i den kommande produktionslinan.

Abstract

HTC Sweden AB is a manufacturing company located in Söderköping which produces floor grinders. The company has during the last two years implemented major changes which has resulted in an increased demand and therefore also higher production volume. In order to meet the increased demand, HTC Sweden AB decided to implement a new production process in terms of an assembly line.

The aim of the study is to draft proposals regarding how to model the assembly line in order to balance the operations that occur in the assembly. This is done on the basis of answering three questions, with the purpose of achieving an efficient flow within the production with an even takt time.

There is a need for knowledge about the operations precedence in the assembly and the time it takes to perform each operation. Thus, to obtain the precedence and the time, a network of the assembly has been created by using the collected secondary data, observations and interviews. Several proposals of the line balancing have been created based on the previously created network. Thereafter, the proposals have been evaluated regarding three indexes.

The best draft proposal regarding line balancing is obtained by minimizing the three indexes. The result is draft proposal 2 and 4. In both of these two proposals, the assembly of the chassis is sequenced before the grinding head. The difference, on the other hand, is that the final assembly is suggested in two different ways. Proposal 4 is the one recommended for HTC to implement at the future assembly line.

Several improvements regarding the future assembly line, in comparison to today's assembly, have been discovered. Recommendations have also been discovered in order to make the assembly line as effective as possible and therefore meet the increased demand. Prior to the implementation of the assembly line, HTC must execute further studies. For example, the remaining products needs to be analyzed in order to continue the network planning as well as the line balancing. The next study is to determine the material supply of the assembly line for all the models produced.

Förord

Detta examensarbete har utförts hos HTC Sweden AB i Söderköping inom området produktionslogistik. Examensarbetet, vilket omfattar 16 högskolepoäng, har utförts under den avslutande terminen på kandidatprogrammet Samhällets logistik vid Linköpings universitet.

Vi vill tacka alla inblandade på HTC Sweden AB som har bidragit med hjälp och kunskap när rådgivning behövts. Speciellt tack till vår handledare Ulrika Rondahl och Mickael Karlsson. Vi hoppas att studien kan komma till hjälp i framtiden när HTC Sweden AB implementerar den nya produktionslinan.

Vi vill även rikta ett extra tack till vår handledare, Micael Thunberg, för sin delaktighet i examensarbetet. Han har varit till stor hjälp vid fortskridandet av arbetet med sina värdefulla idéer och sin kunskap. Vi vill även tacka vår examinator Stefan Engevall som visat ett intresse genom hela studiens genomförande.

Julia Karlsson och Lovisa Malmehed
Norrköping 2019-05-16

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1. Problembeskrivning.....	1
1.2. Mål.....	2
1.3. Syfte.....	2
1.4. Frågeställningar	2
1.5. Avgränsningar.....	2
1.6. Rapportens disposition	2
2. Teoretiskt ramverk	4
2.1. Produktion	4
2.2. Nätverksplanering inom produktion	5
2.3. Produktprocess.....	6
2.4. Fast position.....	6
2.5. Funktionell verkstad.....	7
2.6. Flödesgrupp	7
2.7. Produktionslina.....	8
2.7.1. Takttid & cykeltid	8
2.7.2. Linjebalansering.....	9
2.7.3. Metoder för stationsindelning	9
2.7.4. Metoder för utvärdering av linjebalansering	10
2.8. Kontinuerlig tillverkning	11
2.9. Syntes	12
3. Metod	13
3.1. Kvalitativ och kvantitativ metod.....	13
3.2. Primär- och sekundärdata	14
3.2.1. Outliers.....	14
3.3. Litteraturstudie.....	14
3.4. Fallstudie.....	14
3.4.1. Intervju.....	15
3.4.2. Observation.....	15
3.5. Validitet och reliabilitet.....	16
3.6. Genomförande.....	16
3.6.1. Litteraturstudie	16
3.6.2. Sekundärdata.....	16
3.6.3. Intervjuer	17
3.6.4. Nätverksplanering.....	17
3.6.5. Linjebalansering.....	18
3.6.6. Validitet och reliabilitet	19
4. Nuvarande produktionsprocess	20
4.1. Företagspresentation	20
4.2. Nuvarande montering.....	20
5. Implementering av produktionslina	23
5.1. Framtida montering	23
5.2. Förslag på linjebalansering.....	23
5.2.1. Linjebalansering förslag 1	25
5.2.2. Linjebalansering förslag 2	26
5.2.3. Linjebalansering förslag 3	27
5.2.4. Linjebalansering förslag 4	29
5.2.5. Linjebalansering förslag 5	30
5.2.6. Linjebalanseringsförslag 6–9	31

5.3.	Jämförelse linjebalanseringsförslag.....	32
6.	Analys & diskussion.....	33
6.1.	Analys av implementeringsaspekter	33
6.2.	Förbättringspotentialer gällande monteringen.....	34
6.3.	Validitet och reliabilitet.....	34
6.4.	Samhälleliga och etiska aspekter.....	35
6.5.	Vidare studier.....	36
7.	Slutsats	37
	Referenser	39
	Bilagor	42
	Bilaga 1 – Tillvägagångssätt med Kilbridge och Wester heuristiken	42
	Bilaga 2 – Linjebalansering förslag 1.....	42
	Bilaga 3 – Linjebalansering förslag 2.....	43
	Bilaga 4 – Linjebalansering förslag 3.....	45
	Bilaga 5 – Linjebalansering förslag 4.....	46
	Bilaga 6 – Linjebalansering förslag 5.....	47

Figurförteckning

Figur 1. Rapportens disposition.	2
Figur 2. Processmatris. (Inspirerad av Hayes och Wheelwright, 1979, s.137 och Olhager, 2013, s.195).....	6
Figur 3. Arbetsgång för genomförande.	16
Figur 4. Duratiq 8 och Duratiq 6. (HTC Sweden AB, 2018, s. 10-11).....	20
Figur 5. Monteringsstruktur för Duratiq 6 och 8.	22
Figur 6. Linjebalansering förslag 1.	25
Figur 7. Linjebalansering förslag 2.	26
Figur 8. Linjebalansering förslag 3.	28
Figur 9. Linjebalansering förslag 4.	29
Figur 10. Linjebalansering förslag 5.	30

Tabellförteckning

Tabell 1. Antal aktiviteter med differens eller för få mätningar.....	21
Tabell 2. Tid per station förslag 1.	25
Tabell 3. Utvärderingsindex förslag 1.....	26
Tabell 4. Tid per station förslag 2.	26
Tabell 5. Utvärderingsindex förslag 2.....	27
Tabell 6. Tid per station förslag 3.	28
Tabell 7. Utvärderingsindex förslag 3.....	28
Tabell 8. Tid per station förslag 4.	29
Tabell 9. Utvärderingsindex förslag 4.....	30
Tabell 10. Tid per station förslag 5.	30
Tabell 11. Utvärderingsindex förslag 5.....	31
Tabell 12. Tid per station förslag 6.	31
Tabell 13. Utvärderingsindex för förslag 7–9.....	32
Tabell 14. Utvärderingsindex för linjebalanseringsförslag 1–5.....	32

1. Inledning

Industrialismen har genom tiderna bidragit till bland annat urbanisering, utveckling av andra kraftkällor än människokraft och automatisering av produktionsprocesser (Nationalencyklopedin, u.å.a). Detta låg till grund till den ökade produktionen i större enheter som skapades när fabrikerna blomstrade, vilket även vidgade produktionsmöjligheterna (Nationalencyklopedin, u.å.a). Enligt Länsstyrelsen Skåne (u.å.) började verkstadsindustrin i Sverige att få sin karaktär i slutet av 1800-talet. Det var under industrialismen som allt fler hantverk började att tillverkas inom företag, där bland annat mekaniska verkstäder ersatte smedjor. Den expansiva fasen hade snabb framgång och verkstadsindustrin fick en stor betydelse för den svenska marknaden, där industrin omfattade flest sysselsatta samt det högsta produktionsvärdet. Detta har fortsatt expandera och år 2015 stod verkstadsindustrin för ca 40% av det totala värdet av Sveriges export (Nationalencyklopedin, u.å.b).

Det är inte bara verkstadsindustrin som har förändrats under årens gång utan även kundernas levnadsstandard och på så sätt även köpmönster. Enligt Bellgran och Safsten (2010) finns det en omättad efterfrågan på nya varor i dagens samhälle. Dessa varor skall inte endast ha ett lågt pris utan även vara tillgängliga och ha en bra kvalitet. Detta ställer allt högre krav på företagen som konstant måste utveckla nya produkter samt nya och effektivare lösningar inom produktionen. Det finns ett flertal sätt att öka effektiviteten där förändring av produktionslayout är en av dem.

Ett tillverkande företag är HTC Sweden AB som tillverkar slip- och underhållssystem för golv (HTC Sweden AB, u.å.). Företaget grundades år 1987 i Söderköping och är i dagens läge beläget på ett flertal orter runt om i världen medan huvudkontoret är kvar i Söderköping (HTC Sweden AB, u.å.). HTC Sweden AB står inför förändringar som innebär att de kommer behöva förändra sin produktionslayout för att anpassa sig för den kommande utvecklingen inom företaget.

1.1. Problembeskrivning

För två år sedan förvärvades HTC Sweden AB av Husqvarnakoncernen, vilket innebär att de nu kommer börja tillverka produkter även för Husqvarna. Detta medför att nya produkter kommer att införas och vissa av de äldre fasas ut. I samband med detta kommer produkterna att ha större efterfrågan och kommer därför att tillverkas i större volymer som kräver nya produktionsmetoder. Enligt HTC Sweden AB har de i dagsläget en produktionslayout i form av en cellformation, vilket innebär att en montör tillverkar en slutprodukt från början till slut vid en och samma cell. De befinner sig nu i ett förändringsskede eftersom den nuvarande produktionslayouten inte kommer att kunna klara av det ökade kapacitetsbehovet.

För att kunna möta den ökade efterfrågan och det ökade kapacitetsbehovet kommer företaget att implementera en produktionslina, vilket effektiviserar produktionen. Ett annat sätt att kunna möta efterfrågan är att HTC Sweden AB kommer att börja tillverka slutprodukten mot prognos, istället för att tillverka mot kundorder som de gör i dagsläget. Detta innebär i sin tur att det nuvarande komponentlagret minskar, medan det befintliga färdigvarulagret utvecklas i allt större utsträckning.

Planer och skisser över den framtida produktionslinan är i dagens läge redan påbörjade. Problemet blir att i nästkommande steg i planeringsprocessen undersöka hur produktionslinan skall utformas samt balanseras med avseende på cykeltider och antal arbetsstationer. Detta innebär vilken arbetsstation som skall innehålla vilka operationer för att bibehålla cykeltiderna. I nuläget monterar samma montör produkten från start till slut och därför varierar tiderna för samma operation. I den framtida produktionslinan kommer en montör vara placerad vid en station och utföra endast vissa av operationerna. På så sätt är ytterligare

ett problem att bestämma hur pass lång den faktiska tiden för en operation är samt undersöka i vilken sekvens monteringen sker.

1.2. Mål

Målet med studien är att ta fram förslag på hur produktionslinan skall utformas och balanseras utifrån antal arbetsstationer samt analyserade cykeltider.

1.3. Syfte

Syftet är att uppnå ett effektivt produktionsflöde i den nya linan. Genom att undersöka vilka operationer som skall utföras vid respektive station kan detta bidra till jämnare cykeltider i produktionen, vilket i sin tur innebär att taktiden inte överskrids.

1.4. Frågeställningar

För att kunna uppnå målet och syftet med studien har tre frågor tagits fram, vilka kommer att besvaras under studiens gång. Den första frågan ger underlag för linjebalanseringen så att följderna av aktiviteterna blir rätt vid de olika arbetsstationerna. Detta genom att undersöka monteringsbeskrivningar och komplettera data med observationer och intervjuer. Den andra frågan ger även underlag för linjebalanseringen. Detta eftersom frågan hjälper till att besvara vilka aktiviteter som kan ingå i varje station utan att överskrida cykeltiden och på så sätt behålla ett taktat flöde genom produktionslinan. Den tredje frågan besvarar målet med studien genom att skapa ett förslag på en framtida linjebalansering.

1. I vilken sekvens sker aktiviteterna i dagens produktionsprocess?
2. Vilka tider har aktiviteterna i dagens produktionsprocess?
3. Hur skall produktionslinan linjebalanseras för att bibehålla cykeltiderna?

1.5. Avgränsningar

Avgränsningar skapas för att kunna uppnå det uppsatta målet. Studien undersöker bland annat inte om någon annan produktionslayout än produktionslina är mer lämplig för ändamålet. En ytterligare avgränsning är att antalet studerade produkter hos HTC Sweden AB begränsas till vissa produktgrupper, nämligen produkter av större karaktär, som produktionslinan kommer att tillverka. Detta innebär att studien inte undersöker övriga produkter utöver Duratiq 6 och 8. Inte heller kommer flödet av material, varken innan eller efter produktion, att undersökas utöver den information som behövs till nätverksplaneringen. En avgränsning som görs när linjebalansering genomförs är att inte ta hänsyn till testytan i monteringen eftersom denna skall utgöra en egen station.

Tiderna för montering som presenteras i rapporten överensstämmer inte med verkligheten. Detta innebär att cykeltid, monterings tid per station, total monterings tid per station samt differensen mellan medelvärde och median har omvandlats.

1.6. Rapportens disposition

Studien följer dispositionen som beskrivs i figur 1.



Figur 1. Rapportens disposition.

Kapitel 2 förklarar de teorier som behövs för att kunna besvara frågeställningarna med hjälp av bland annat tidigare forskning. Vidare beskriver kapitel 3 de metoder som krävs för att studien skall uppfylla sitt mål och syfte. I kapitel 4 beskrivs nuläget hos HTC Sweden Ab medan i kapitel 5 presenteras information om den framtida monteringen vid produktionslinan

samt studiens resultat angående linjebalansering. Studiens resultat analyseras och diskuteras sedan i kapitel 6. Avslutningsvis presenteras studiens slutsats i kapitel 7.

2. Teoretiskt ramverk

Kapitel 2.1–2.8 presenterar teori om produktion, nätverksplanering samt de olika produktprocesserna. Till sist presenteras en syntes i kapitel 2.9 som sammanfattar teorin kopplat till de problem som HTC har i dagsläget.

2.1. Produktion

Jonsson och Mattson (2016) definierar produktion i allmänhet som en tjänst och varuskapande process som uppstår när realkapital, material och arbetskraft kombineras. Med hjälp av kunskap inom logistik kan denna process samt materialflöde effektiviseras, vilket skapar konkurrenskraft hos intressenter som sedan kan bidra till en ekonomisk vinning för företaget. För att skapa konkurrenskraft hävdar Oskarsson, Aronsson och Ekdahl (2013) att det krävs planering av samtliga delar inom ett företag, både gällande information och flödet från råvara till slutprodukt hos kund.

Ofta handlar produktion om en typ av värdeförädling och förekommer i stort sett i alla typer av företag (Olhager, 2013). Detta är även något som Olhager (2013) beskriver när produktionsprocessen startar genom att bestämma de grundläggande nödvändigheterna för att kunna utföra operationer. Det krävs exempelvis arbetskraft, anläggningar och energi för att kunna transformera naturtillgångar till en färdig vara. Olhager (2013) beskriver att produktionsprocessen kräver information och kundmedverkan för att företaget skall kunna tillverka den produkt som kunden efterfrågar. På så sätt samverkar kunden och leverantören mycket vid försäljningstillfället. Detta bidrar till att uppnå Oskarsson, Aronsson och Ekdahls (2013) definition av logistik, vilken är att på bästa vis möta kundernas krav på att rätt vara finns på rätt plats, vid rätt tidpunkt, till rätt kostnad.

Olhager (2013) beskriver att produktionen måste samarbeta med företagets övriga funktioner för att kunna fungera väl och även bidra till lönsamhet. Den interna samverkan sker för att bland annat få mer kunskap om kundernas behov och om marknaden, skapa goda relationer med leverantörer samt att kunna utveckla nya produkter med en anpassad framtagningsprocess. Olhager (2013) menar att detta ligger till grund för att kunna tillverka rätt produkter till rätt kunder, få tillgång till rätt komponenter och att kunna nå ut till marknaden. För att uppnå detta på ett så effektivt sätt som möjligt förklarar Jonsson och Mattson (2016) att det är information kring både produktionens behov av material och kundens krav som lägger grunden till hur materialförsörjningen skall anpassas. Vidare förklarar Jonsson och Mattson (2016) att den huvudsakliga uppgiften gällande materialförsörjningen är att tillhandahålla produktionen med komponenter och råmaterial.

Utöver den interna samverkan kan företagen enligt Olhager (2013) undersöka kundernas preferenser gällande huruvida de efterfrågar ett miljömedvetet företag, vilket även det bidrar till ökad kunskap samt förståelse för marknaden. Olhager (2013) menar att allt fler kunder föredrar att företagen har mer medvetenhet kring både miljön och det sociala ansvaret, vilket gör att företagen har en chans att skapa konkurrensfördelar. Detta är anledningen till att en hållbar produktion inte endast omfattas av den ekonomiska aspekten utan även tar hänsyn till den sociala och miljömässiga hållbarheten.

För att produktionen skall kunna bidra till lönsamhet och fungera på ett så effektivt sätt som möjligt menar Medbo och Wänström (2009) att produktionen kan delas in i icke-värdeadderande montering och värdeadderande montering. Medbo och Wänström (2009) anser att ren montering är helt värdeskapande, vilket även Finnsgård, Wänström, Medbo och Neumann (2011) styrker när de beskriver komponentmonteringen som den enda värdeadderande aktiviteten vid manuell montering. Medbo och Wänström (2009) menar att arbetsfördelningen för montören alltid kan diskuteras eftersom det i alla monteringsprocesser kommer finnas icke-värdeadderande arbete även om montören har standardiserat

arbetsbeteende. Detta beror på att processtiden inte kommer att vara konstant även om uppgiften utförs upprepade gånger. Alla handlingar utöver monteringen som exempelvis paketering, väntetider, justeringar, inspektioner eller om montören hämtar verktyg, klassificeras som icke-värdeadderande aktiviteter och kan ta olika lång tid vid olika mättillfällen.

2.2. Nätverksplanering inom produktion

Ett aktivitetsnätverk innehåller och visualiserar enligt Olhager (2013) samtliga operationer som tillverkningen genomför. Det krävs kunskaper kring precedensrelationerna mellan operationerna för att kunna placera operationerna i den sekvens som de genomförs i. Detta nätverk skall även visa tiden det tar att genomföra respektive operation. Olhager (2013) menar att nätverksplanering används när flera operationer går att genomföra parallellt, vilka har relationer som är komplicerade och därför finns det olika vis att presentera detta nätverk. Nätverket består av noder och bågar där noder inom områden så som transport eller distribution representerar knutpunkter enligt Lundgren, Rönnqvist och Värbrand (2003). Dessa knutpunkter är exempelvis lager, kunder eller olika depåer (Lundgren, Rönnqvist och Värbrand, 2003). Vidare beskriver Lundgren, Rönnqvist och Värbrand (2003) att bågarna kan komma att representera transportvägar. Bågarna och noderna visar på så sätt en logistik följd för de aktiviteter som studeras och relationerna mellan dessa. Det vis som Olhager (2013) anser passar bäst när linjebalansering skall genomföras är att bågarna representerar operationer som sker i monteringen medan noderna representerar att en operation är slut och att nästkommande kan inledas.

Haugan (2002) menar att nätverksplanering används för att grafiskt visualisera de olika operationer som ett projekt består av. Visualiseringen kan enligt Haugan (2002) ske genom tre olika typer av diagram, Program Evaluation and Review Technique (PERT), Critical Path Method (CPM) samt Precedence Diagramming Method (PDM). Haugan (2002) fortsätter att förklara skillnaderna mellan de olika metoderna, vilka är bland annat att CPM visualiseras genom ett diagram med pilar som operationer medan både PDM och PERT däremot visualiseras genom ett nätverk där noderna är operationerna. Ytterligare skillnader är att PERT fokuserar på början och slutet av en operation genom att nätverkets operationer innehåller rubriker så som startar sågning och slutar sågning. CPM och PDM fokuserar å andra sidan på själva operationen genom att rubrikerna på operationerna är bland annat sågning och slipning.

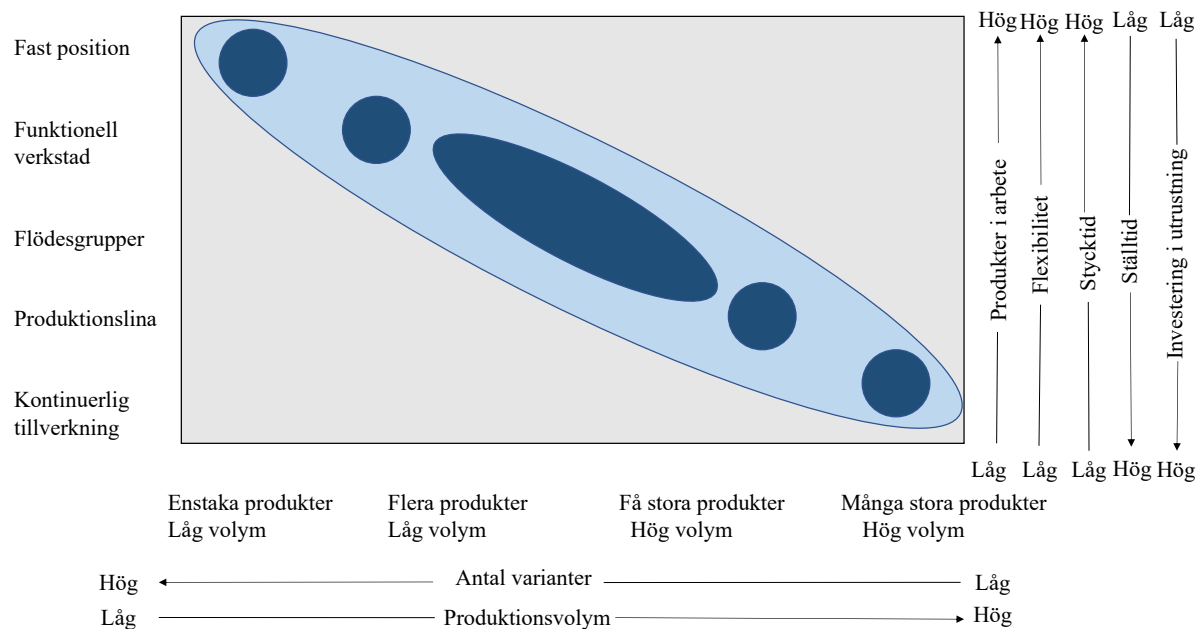
Haugan (2002) anser att nätverksplanering består av sju olika steg. Det första är att skapa ett ramverk över planeringen. Det andra steget är att definiera operationerna, därefter skall nätverksdiagrammet skapas. Det fjärde och femte steget är att uppskatta tiderna för respektive operation samt resursbehovet för dessa. Det sjätte steget är att skapa ett schema med datum för när operationerna skall påbörjas och avslutas. Det sjunde och sista steget är att schemalagningen fastställs och blir på så sätt en riktlinje genom hela projektet.

Genom att skapa ett ramverk över planeringen menar Haugan (2002) att det framtida arbetet bryts ner för att därefter kunna definieras samt planeras på en djupare nivå. Detta ger en större förståelse för vilka komponenter som behövs för de olika operationerna samtidigt som planering av budget och prestationsmål kan ske på en detaljnivå. Haugan (2002) fortsätter att förklara det andra steget, vilket innebär att operationerna definieras. Varje operation har specificerade resurser, kostnader och processtider, vilka måste tas hänsyn till för att uppnå de uppsatta målen. Fortsättningsvis är det tredje steget att operationerna skall sekvenseras, vilket ligger till grund för ett precedensschema. Vid sekvensering gäller det att ta hänsyn till bland annat produktbeskrivningar och förutbestämda moment så som att test av produkter måste ske i en specifik testenheter. I det fjärde steget gäller det, enligt Haugan (2002), att uppskatta hur lång tid det behövs för att slutföra de operationer som identifierats. För att kunna uppskatta

tiden kan historiska data, experiment eller expertis från kunniga inom området användas. Femte steget innebär att uppskatta och planera hur mycket resurser som behövs för att kunna genomföra operationerna. Detta kan göras med hjälp av bland annat uppskattade kvantiteter och hur lång tid respektive operation tar. Det sjätte steget, schemaläggning av datum för när operationer skall påbörjas och avslutas, skapas enligt Haugan (2002) för att bestämma datumet som projektet skall vara färdigt. Schemaläggningen skall även visa vilka aktiviteter som påverkar slutdatumet, både minst och mest om de skulle bli försenade. Detta görs med hänsyn till de begränsningar som finns inom projektet som i sin tur skulle kunna påverka slutdatumet. Det kan gälla begränsningar i till exempel antal arbetsdagar, milstolpar i projektet eller kundens önskemål gällande leveranser. Steg sju beskrivs enligt Haugan (2002) som att fastställa schemaläggningen som därefter blir en riktlinje genom resterande av projektet. Riktlinjen är en schemaläggning av vilka aktiviteter projektet består av samt när de skall genomföras. Detta är det sista steget som visar när planeringsfasen övergår till en implementering. Riktlinjen kan komma att förändras under projektets gång, vilket gör att projektledaren ständigt kontrollerar och uppdaterar riktlinjen.

2.3. Produktprocess

Hayes och Wheelwright (1979) menar att ett företag måste säkerställa att deras produktion stämmer överens med deras affärsstrategi. Eftersom företag kan befinna sig i olika stadier under sin livstid måste de kontinuerligt avgöra om de har en affärsstrategi som passar den nuvarande produktionen. Antingen kan ett företag ha en flexibel produktion mot kunders önskemål och en skiftande marknad, eller en produktion som innebär tillverkning av stora volymer till en låg kostnad. För dessa olika stadier krävs olika typer av produktionslayouter, vilka visas i figur 2. Enligt Hayes och Wheelwright (1979) börjar ett företag oftast i det övre vänstra hörnet med produktion av låga volymer och arbetar sig därefter nedåt och till höger allt eftersom företaget utvecklas och expanderar.



Figur 2. Processmatrix. (Inspirerad av Hayes och Wheelwright, 1979, s.137 och Olhager, 2013, s.195)

2.4. Fast position

Olhager (2013) menar att produktionslayouten fast position kan liknas med projekt av exempelvis byggnation av hus eller broar där byggnationen sker på den plats som produkten

skall vara. Även Hayes och Wheelwright (1979) fortsätter med att det övre vänstra hörnet i figur 2 innebär att varje produkt är unik och att kunden är delaktig kring beslut om produktionen. Detta leder till att denna typ av produktionslayout är flexibel utefter kundens önskemål. Detta i sin tur leder till att små investeringar av utrustning sker eftersom de kan komma att bytas ut vid varje projekt. Hayes och Wheelwright (1979) nämner ytterligare en fördel med fast position, nämligen att denna typ av produktion innebär höga marginaler för de produkter som tillverkas.

Det finns samtidigt vissa svårigheter med layouten fast position enligt Hayes och Wheelwright (1979). Den första är att produktionen och därmed företaget måste kunna reagera fort på förändringar som sker under projektets gång. Detta eftersom denna layout är flexibel och måste på så sätt anpassa sig efter kundens önskemål. En ytterligare svårighet är att uppskatta hur mycket plats som behövs vid tillverkningen för att förvara material men även kostnaden och leveransdatum för projektet i stort.

2.5. Funktionell verkstad

Om ett företag däremot befinner sig i den funktionella verkstaden, till skillnad från fast position, innebär det enligt Hayes och Wheelwright (1979) att de tillverkar olika produkter i större volymer men som fortfarande går att kundanpassa till viss grad. Olhager (2013) menar att produktionen är upplagd på så sätt att samma typ av maskin placeras på ett och samma ställe. Med andra ord är produktionen maskinorienterad. Detta gör att produkterna får transporteras mellan maskiner i den ordning som de skall bearbetas.

Hayes och Wheelwright (1979) menar att fördelen med funktionell verkstad är att företaget erbjuder hög service till sina kunder där bland annat kundönskemål är inräknade. Utöver dessa är även höga marginaler hos produkterna en fördel. Olhager (2013) beskriver att ytterligare en fördel är att olika typer av produkter med olika tillverkningstider kan tillverkas i denna layout. Detta eftersom maskinerna inte står i tillverkningsordning för en viss produkt. Att däremot förmå att standardisera arbetet anser Hayes och Wheelwright (1979) vara en svårighet vid implementering av funktionell verkstad.

Enligt Hanson, Medbo och Medbo (2012) föredras materialförsörjningsmetoden kitting när produktionsvolymerna är låga och variationen av produkter är hög, vilket stämmer överens med en funktionell verkstad. Kitting innebär att alla komponenter som behövs för att montera en viss typ av produkt sorteras i ett specifikt kit. Kitting anses vara platseffektivt i direkt anknytning till produktionen samtidigt som det bidrar till snabbare inläring vid montering och minskade tider för att hämta komponenter. Däremot är nackdelen att kätten behöver plats och ytterligare hantering när de väl förbereds, vilket kan bidra till ökade transporter inom företaget om kätten ej förbereds i anknytning till lager eller montering.

2.6. Flödesgrupp

Enligt Olhager (2013) tillämpas flödesgrupp när produktionsvolymen är hög medan produktvariationen är låg. Produktionslayouten flödesgrupp innebär att ordningen av maskiner beror på sekvensen som tillverkningen av produkterna har och blir därför produktorienterad. De produkter som genomgår processer i samma ordning vid tillverkning kommer att tillverkas i samma flödesgrupp och därmed ingå i en och samma produktgrupp. Olhager (2013) menar att denna layout innebär kortare genomloppstid för produkterna samt en förenklad planering.

Gällande materialförsörjning beskriver Hanson, Medbo och Medbo (2012) att ett kontinuerligt flöde anses gynna en produktion med låg variation av produkter men till höga produktionsvolymer. De förklarar det kontinuerliga flödet som att varje artikel levereras var för sig i en egen behållare vidare till monteringen. Hanson och Brolin (2013) menar även på

att ett kontinuerligt flöde är mer användbart när mer direkta materialflöden skall användas i produktionen eftersom komponenten kan plockas direkt utan att behöva ingå i ett kit.

2.7. Produktionslina

Linjeproduktion kan användas vid tillverkning av skrymmande produkter så som bilar eller hemelektronik som till stora delar tillverkas automatiskt (Hayes & Wheelwright, 1979). Olhager (2013) menar att produktionslinan skall innehålla standardiserade produkter som finns i få varianter men i stora volymer. Produktionslinan skräddarsys för att endast passa en produkt eller en viss produktgrupp. Detta innebär att maskinerna placeras efter ordning som produkten tillverkas i. Chao och Sun (2016) menar att en produktionslina oftast består av flera arbetsstationer, där respektive station monterar de komponenter som tillhör den stationens operationer. Produktionslinan har en lina som är antingen manuell eller automatisk mellan stationerna, vilken sammanfogar de olika stationerna. Denna lina transporterar produkten vidare, antingen automatiskt eller manuellt, till nästa station.

När en produktionslina skall implementeras finns det både fördelar och svårigheter. Olhager (2013) beskriver att fördelen med en produktionslina är att kapitalbindningen för de produkter som befinner sig i arbete kan bli relativt låg om linan balanseras jämt mellan de olika arbetsstationerna. Däremot är svårigheten med produktionslinan likadan som i kapitel 2.5, nämligen att förmå att standardisera arbetet vid implementering av linan (Hayes & Wheelwright, 1979).

Materialplanering vid en produktionslina innebär att bestämma om materialet skall placeras intill produktionslinan eller ej. Medbo och Wänström (2009) menar att bidragande faktorer är hur materialet skall förvaras, och i vilken kvantitet. Finnsgård et al. (2011) beskriver ännu en aspekt för att utrymmet för produktionslinan och monteringen är något som måste tas i beaktning när materialet planeras, det vill säga att materialet anpassas till den tillgängliga ytan. Hanson och Brodin (2013) menar att kitting kan användas som materialförsörjningsmetod även till en produktionslina där komponenterna kan packas stationsvis till monteringen. Detta innebär att varje kit uppfyller sin funktion vid respektive monteringsområde. Komponenterna kan även sorteras för alla monteringsstationer, vilket medför att kittet kan komma att flyttas längs produktionslinan. Som nämns i kapitel 2.6 är ett kontinuerligt flöde gynnsamt vid låga produktionsvariationer och höga produktionsvolymer enligt Hanson, Medbo och Medbo (2012), vilket stämmer överens med den definition av produktionslina som Olhager (2013) nämner. Därför är även ett kontinuerligt flöde ett alternativ vid en produktionslina.

2.7.1. Taktid & cykeltid

Takt beskrivs ursprungligen som rytm och är ett mått på efterfrågan av kunden, vilket motsvarar det intervall mellan kundernas efterfrågan av en specifik produkt (Liker, 2009). För att kunna skapa ett balanserat flöde i produktionen gäller det, enligt Olhager (2013), att kunna uppnå varje kunds efterfrågan med hjälp av en arbetscykel. Denna arbetscykel kallas för taktid vars huvuduppgift är att avgöra flödehastigheten samtidigt som att undvika både under och överproduktion. Genom att räkna ut produktionsvolymer med hjälp av taktiden kan man skapa ett balanserat produktionsflöde. Skulle taktiden optimeras menar Olhager (2013) att detta medför att slöserier reduceras genom att eliminera risker i form av överproduktion eller fördröjningar.

Enligt Duanmu och Taaffe (2007) beräknas taktiden enligt formel ett nedan.

$$Taktid = \frac{Tillgänglig\ arbetstid}{Antal\ efterfrågade\ produkter} \quad (1)$$

Cykeltid definieras, enligt Olhager (2013), som den tid en produkt tillbringas vid respektive arbetsstation. Med andra ord beskriver cykeltiden intervallet mellan att en produkt startas till dess att nästkommande produkt startas i samma station. Med hänsyn till den förväntade efterfrågan kan cykeltiden beräknas på följande sätt, se formel nummer två:

$$CT = \frac{1}{P} = \frac{T}{D} \quad (2)$$

$P = \text{Produktionstakt}$

$T = \text{Tidsperiod}$

$D = \text{Efterfrågan}$

2.7.2. Linjebalansering

Enligt Boysen, Fliedner, och Scholl (2007) var produktionslinor ursprungligen till för en massproduktion med standardiserade produkter för att skapa kostnadseffektivitet. På senaste tiden har företag lyckats hålla omställningskostnaderna låga, vilket medför att produkter kan sekvenseras i produktionen på ett annat sätt än tidigare. Detta har bidragit till att mindre volymer kan monteras och därmed kan företag komma att omkonstruera sina produktionslinor, samtidigt som de behåller ett effektivt flöde i produktionssystemet. Om ett företag omkonstruerar produktionslinan finns det generellt sätt redan ett förutbestämt tillvägagångssätt för monteringen enligt Tseng och Tang (2006). Detta innebär att det redan finns en färdig sekvens för operationerna, ofta utifrån monteringsbeskrivningar, för att kunna färdigställa en slutprodukt.

Boysen, Fliedner, och Scholl (2007) förklarar vidare att innan den faktiska monteringen startas måste utformning av utrustning och produktionsenheter planeras. Detta omfattar planering av cykeltider, antal arbetsstationer och utrustning men även att tilldela uppgifter till respektive arbetsstation, det vill säga sekvensen för operationerna. Det är denna utformning som enligt Olhager (2013) kallas för linjebalansering. Även Chao och Sun (2016) anser att linjebalansering går ut på att fördela de olika operationerna på de olika arbetsstationerna. Detta med hänsyn till operationernas sekvens samt att den totala tiden per station inte skall överskrida cykeltiden. Chao och Sun (2016) menar dock att det som påverkar linjebalanseringen är operationstid, cykeltid, antalet stationer samt precedens mellan de olika operationerna. När dessa har tagits fram finns det två olika mål med att genomföra linjebalansering vilket måste bestämmas efter den redan givna data. Det ena målet är att minimera antalet stationer efter en given cykeltid. Det andra målet är att minimera cykeltiden efter ett givet antal stationer.

Enligt Dolgui och Battaïa (2013) är det viktigt att ta hänsyn till vad de olika operationerna har för attribut när de placeras ut på respektive arbetsstation. I och med att cykeltiden skall begränsas gäller det inte bara att undersöka processtiden, utan även risken för om operationen utsätts för ett haveri eller den ergonomiska aspekten.

2.7.3. Metoder för stationsindelning

Ponnambalam, Aravindan och Mogileeswar Naidu (1999) förklarar sex olika metoder för att fördela operationer på de arbetsstationer som produktionslinan består av. Dessa sex metoder är positionsviktsmetoden, Kilbridge och Wester heuristiken, Moodie-Young metoden, IUFF metoden, rangordna och tilldela heuristiken och till sist Hoffman metoden. Endast två av dessa är relevanta för studien, positionsviktsmetoden samt Kilbridge och Wester heuristiken. Ponnambalam, Aravindan och Mogileeswar Naidu (1999) menar att positionsviktsmetoden innebär att för varje operation beräknas dess operationstid samt den resterande tiden för efterföljande operationer. Därefter skall operationerna rangordnas efter högsta positionsvikt

för att sedan fördelas på stationerna. Den operation som har högst rankning, och på så sätt högst positionsvikt, är den första som tilldelas till station nummer 1. Om det därefter finns ytterligare ledig tid vid denna station tilldelas nästkommande operation i rankningsordningen till stationen. De resterande operationerna fortsätter att tilldelas stationer enligt denna logik tills dess att samtliga har fördelats.

För att använda den andra metoden, Kilbridge och Wester heuristiken, krävs det enligt Ponnambalam, Aravindan och Mogileeswar Naidu (1999) att operationernas precedens är känt. Detta för att lista de operationer som inte är beroende av en tidigare operation i kolumn a. Nästkommande kolumn innehåller de operationer som är beroende av operationerna i kolumn a. Sedan fortsätter det på samma vis att kolumn c innehåller de operationer som är beroende av operationerna i kolumn b och så vidare. Ponnambalam, Aravindan och Mogileeswar Naidu (1999) menar att efter samtliga operationer delats in i kolumner skall cykeltiden hos varje station bestämmas. Detta görs genom att undersöka de olika kombinationerna av den totala tiden för samtliga operationer.

De olika operationerna fördelas sedan på stationerna till den grad att de inte överskrider den bestämda cykeltiden enligt Ponnambalam, Aravindan och Mogileeswar Naidu (1999). Om cykeltiden överskrids tilldelas operationen till nästkommande arbetsstation som fylls på med operationer från kolumn nummer b. Skulle cykeltiden i arbetsstation 2 däremot inte uppfyllas med hjälp av operationerna i kolumn b, placeras operationer från kolumn c på den andra arbetsstationen. När operationen tilldelas en station är denna inte längre en kvarvarande operation och raderas. Detta pågår till dess att alla kolumner är tomma och operationerna är därmed utplacerade på arbetsstationer.

Olhager (2013) beskriver ytterligare en metod för linjebalansering, vilken kallas längst operationstid först. Denna metod tar hänsyn till de precedensrelationer som operationerna har. Metoden innebär att den operation som har längst operationstid fördelas på en station först. Därefter väljs operationen med näst längst operationstid och fördelas på stationen. Kan ingen av de kvarvarande operationerna fördelas utan att överskrida cykeltiden, måste en ytterligare station läggas upp för att kunna placera nästkommande operation.

2.7.4. Metoder för utvärdering av linjebalansering

Olhager (2013) menar att syftet med linjebalansering är att uppnå hög produktionstakt med avseende på efterfrågan genom att fördela arbetet så jämnt som möjligt mellan arbetsstationerna. Om detta görs på ett korrekt sätt leder det i sin tur till ett högt resursutnyttjande. Tseng och Tang (2006) beskriver även att linjebalanseringen kan minimera stillastående tid i monteringen om arbetet mellan de olika stationerna fördelas jämnt. Skulle cykeltiden inte vara densamma i respektive station menar Tseng och Tang (2006) att en den stillastående tiden ökar, vilket ger upphov till en obalanserad produktionslina som ger ineffektivitet i bland annat arbetskraften. Därför är det viktigt att även balansera arbetsfördelningen när linjebalansering utförs. Enligt Chao och Sun (2016) kan detta mätas genom antingen hur mycket stillastående tid det finns totalt i produktionslinan eller genom ett index som utjämnar antalet operationer vid stationerna.

Chao och Sun (2016) menar att den stillastående tiden för produktionslinan beräknas enligt formel tre nedan. De fortsätter beskriva att metoden kan användas både vid arbete när en produktionslina skall förbättras och när flera olika alternativa lösningar skall jämföras med varandra. Tiden skall minimeras för att uppnå en så effektiv produktion som möjligt, vilket innebär att om olika lösningar jämförs skall det alternativ med lägst tid väljas.

$$\text{Stillastående tid} = \frac{1}{s} (s * CT - \sum_{i=1}^s t_i) \quad (3)$$

$s = \text{Antalet stationer}$

$CT = \text{Cykeltid}$

$t_i = \text{Tiden för samtliga operationer i station } i$

Utjämnings index balanserar antalet operationer per station, vilket enligt Chao och Sun (2016) beräknas enligt formel fyra nedan. Även detta index skall minimeras för att uppnå en balanserad produktionslina.

$$\text{Utjämnings index} = \sqrt{\frac{1}{s} \sum_{i=1}^s (CT - t_i)^2} \quad (4)$$

$s = \text{Antalet stationer}$

$CT = \text{Cykeltid}$

$t_i = \text{Tiden för samtliga operationer i station } i$

Roy och Khan (2011) menar att balanseringsförlust är ytterligare ett mått på produktionslinans effektivitet. Balanseringsförlusten visar den procentuella tiden som förloras när operationerna tilldelas arbetsstationerna. Formel fem visar hur balanseringsförlust beräknas.

$$\text{Balanseringsförlust} = \frac{(s * CT - \sum_{j=1}^o u_j)}{s * CT_s} \quad (5)$$

$s = \text{Antalet stationer}$

$CT = \text{Cykeltid}$

$o = \text{Antalet operationer}$

$u_j = \text{Tiden att utföra operation } j$

2.8. Kontinuerlig tillverkning

Enligt Hayes och Wheelwright (1979) innebär kontinuerlig tillverkning att produktionen består av till exempel raffinaderier, där produktion av ett fåtal varianter men i stora volymer fortgår konstant. Denna typ av produktion har maskiner som är specialiserade till produkten och innebär av den orsaken höga investeringar samt en produktion som inte är flexibel till kundens önskemål. En fördel med att ha kontinuerlig tillverkning som produktionsprocess är enligt Hayes och Wheelwright (1979) att maskinerna tillverkar stora batcher åt gången av ett fåtal produktvariationer. Den låga produktvariationen innebär i sin tur att det även krävs låg variation i material. Hayes och Wheelwright (1979) anser även att det finns svårigheter med att ha denna typ av layout, vilka är att ha tillräckligt med material i lager och att lyckas utnyttja maskinerna till fullo.

Bestämmer sig företag för att implementera en kontinuerlig tillverkning som produktionslayout kan detta, enligt Ketcham (1992), bidra till delproblem när strukturen skall byggas upp. Övergripande finns det ett resursbaserat problem och ett lokaliseringsproblem. Delproblemet gällande resurserna innebär vilka kombinationer av maskiner som innebär lägsta anskaffningskostnad, medan lokaliseringsproblemet omfattar hur lägsta transportkostnad skall uppnås när material förflyttas mellan olika delar av produktionen. Ketcham (1992) menar att dessa övergripande problem även kan vara till stor hjälp när

ytterligare problem skall undersökas. Exempelvis hur många delar produktionen skall vara indelad i för att klara av hela sekvensen samt vilka operationer som ingår i dessa delar.

Likaväl som produktionslina har även den kontinuerliga tillverkningen höga produktionsvolymerna med låg produktvariation. Som tidigare nämnt i kapitel 2.6 förklarar Hanson, Medbo och Medbo (2012) att ett kontinuerligt flöde anses gynna en sådan typ av produktion.

2.9. Syntes

Idag har HTC vad de själva kallar för cellformation, vilket är en blandning av funktionell verkstad och flödesgrupp. Företaget implementerar en produktionslina för att möta den ökade efterfrågan och därmed kunna producera större produktionsvolymerna. De rör sig därmed diagonalt nedåt mot det högre hörnet i figur 2, vilket stämmer överens med Hayes och Wheelwright (1979) när de beskriver ett företags rörelse när de expanderar. Att genomföra ett processval innebär enligt Hayes och Wheelwright (1979) att affärsstrategin måste överensstämma med företagets produktion.

Med tanke på att HTC gör ett nytt processval måste en linjebalansering ske för att fördela operationer vid arbetsstationer i den nya produktionslinan. Detta för att enligt Olhager (2013) få en hög produktionstakt med avseende på efterfrågan med målet att fördela arbetet jämnt mellan stationerna. I och med detta måste en nätverksplanering genomföras enligt Haugans (2002) preferenser där både precedensrelationer och tiden för genomförandet av respektive operation tas till hänsyn. Därefter kommer linjebalanseringen påbörjas med en stationsindelning där studien måste undersöka cykeltider, antal arbetsstationer, takttider samt välja lämplig metod för stationsindelning. När linjebalansering genomförts måste utvärdering ske med avseende på olika index som Tseng och Tang (2006) samt Chao och Sun (2016) beskriver.

Detta medför att studien, i samspel med syftet och HTC:s nya processval, tar fram förslag på nätverksplan och linjebalansering med hjälp av cykeltid, antal arbetsstationer vid produktionslinan samt metoder för stationsindelning. Kapitel 3 presenterar de metodval som kan göras utifrån litteratur följt av hur detta genomförts i studien.

3. Metod

Kapitel 3.1–3.5 förklarar teorin bakom de metoder som används för studien. I kapitel 3.6 beskrivs studiens genomförande.

3.1. Kvalitativ och kvantitativ metod

Eliasson (2018) menar att kvalitativ metod oftast används inom samhällsvetenskapen, där de två vanligaste metoderna är intervjuer och observationer. Starrin (1994) menar att metoden skall identifiera ännu ej kända egenskaper med hänsyn till olika processer eller variationer. Den kvalitativa metoden skall fördjupa helheten av händelsen genom att förstå vad som kännetecknar omständigheten. Eliasson (2018) beskriver den kvalitativa metoden som flexibel och används till fördel när sammanhanget kräver en djupare förståelse. Metoden går att anpassa efter olika situationer och kan på så sätt även anpassas i den riktning som undersökningen tar. Enligt Eliasson (2018) kommer den kvalitativa metoden många gånger åt omständigheter som ej går att kvantifiera, vilket gör metoden lätt att kombinera med andra metoder. En nackdel med metoden är att den lämpar sig mindre bra under de omständigheter där det även är viktigt att mäta värden.

Den kvantitativa metoden omfattar matematiska tillvägagångssätt för att kunna samla in och analysera kvantitativa data i form av siffror (Eliasson 2018). Detta är även något som Starrin (1994) stärker eftersom analysen går ut på att undersöka samband mellan två eller flera händelser. När det gäller kvantitativa undersökningar menar Eliasson (2018) att intervju- och enkätundersökningar är de vanligaste förekommande metoderna. Eftersom en kvantitativ undersökning är svår att komplettera med data är den förberedande fasen viktig för att materialet skall kunna ge ett önskat utfall. Fördelen med den kvantitativa metoden är att undersökningen kan ske på en mindre grupp, vilket även kan komma att representera större grupper. Ytterligare en fördel är att det insamlade materialet kan analyseras flera gånger om en analys skulle misslyckas.

Holme och Solvang (1997) menar att det finns få likheter mellan de två metoderna men att en är att de har samma syfte. De syftar båda till att bringa insikt i det studerade problemet. Det finns desto fler skillnader mellan dem där den tydligaste är skillnaden mellan informationen de behandlar, vilket gör att de passar för olika ändamål.

Ytterligare skillnader som beskrivs av Edling och Hedström (2003) är att den kvalitativa metoden, till skillnad från att den kvantitativa metoden, är enklare att genomföra. Detta eftersom den kvantitativa metoden bygger på grunder från matematiken gällande både analys och insamling av data. Det egna metodvalet och resultatet av analysen blir lättare att jämföra med andra personers tidigare studier. Dock menar Edling och Hedström (2003) att den kvalitativa och kvantitativa metoden är komplement till varandra, vilket innebär att varken den ena eller den andra metoden skall uteslutas. Även Holme och Solvang (1997) menar att det finns fördelar med att använda sig av båda metoderna vid en studie. De nämner att det finns fyra olika vis att kombinera dessa två metoder där den första är att de kvalitativa undersökningarna är en förberedelse till den kvantitativa. Detta skapar en förståelse för problemet och en litterär bas innan den kvantitativa arbetet börjar. Holme och Solvang (1997) menar att det andra sättet är att den kvalitativa metoden fungerar som en påbyggnad till den kvantitativa metoden som används först i detta fall. Den kvalitativa metoden kan antingen användas som ett komplement eller för att ge en helhetssyn. Genom att få en helhetssyn på problemet kan vissa problemområden bli synliga. De fortsätter med att förklara att de båda metoderna även kan användas samtidigt under studiens gång, vilket leder till att metoderna stärker varandra. Detta är det tredje sättet att kombinera metoderna med varandra. Den fjärde och sista kombinationen är att den kvalitativa metoden används först för att därefter använda den kvantitativa metodens analytiska förmåga genom analysens gång.

3.2. Primär- och sekundärdata

Svenning (2003) menar att datainsamling kan ske på två olika vis, antingen genom en primärkälla eller en sekundärkälla. En primärkälla innebär att inhämtning av information sker direkt från källan. Enligt Svenning (2003) kan detta vara i form av intervju eller observation som ger primärdata. Om information inte kan inhämtas från primärkällan kan om möjligt en sekundärkälla användas istället. Holme och Solvang (1997) beskriver sekundärdata som information som berättas eller ges i andrahand. När datainsamling sker anser de dock att forskaren måste bestämma utifall källans data är primär eller sekundär. Detta för att avgöra om till exempel den person som intervjuas har upplevt det som berättas själv eller om det är något som återberättas. Holme och Solvang (1997) menar att avstånd till primärkällan måste bestämmas, utifall det är giltig information. Om det är ett långt avstånd mellan sekundär- och primärkällan skall användbarheten analyseras eftersom informationen fortfarande är av betydelse.

3.2.1. Outliers

Outliers beskrivs enligt Aguinis, Gottfredson och Joo (2013) som punkter i data som avviker sig från mängden. Dessa outliers kan leda till falska slutsatser och kan därmed påverka när det gäller estimerade eller beräknade värden. Aguinis, Gottfredson och Joo (2013) fortsätter beskriva att processen för att undersöka en outlier delas upp i tre olika steg, där det första steget omfattas av att definiera outliers beroende på hur den skiljer sig från övriga data. Utifrån definitionen innebär det andra steget att identifiera outliers i data utifrån sammanhanget, varpå de tredje steget utgörs av att hantera och möjligen eliminera outliers.

Wang, Caja och Gómez (2018) beskriver två olika tillvägagångssätt som kan tillämpas när en outlier skall hanteras. Den identifierade outlieren kan antingen ersättas av ett värde som är korrigerat eller exkluderas från datamängden.

3.3. Litteraturstudie

Enligt Ejvegård (2009) är litteraturstudier en teknik för insamling av data, där litteratursökning vanligtvis förekommer. Lämpligen skall sökningen ske med hjälp av sökord som hjälper till att få fram relevant information inom det valda området. När information sedan hittats genomförs ett översiktligt arbete där användbarhet och relevans undersöks i det hittade materialet. Ejvegård (2009) anser att forskningsrapporter måste bearbetas för att sedan kunna jämföra och utvärdera dessa gemensamt.

Medan forskningsrapporter bearbetas påpekar Larsson (1994) vikten av hur sanningsenligt material är. Detta för att skapa trovärdighet och inte minst skapa förståelse för den fakta som läses genom att tolka och kritiskt granska denna. Läsaren får ofta veta forskarens perspektiv, vilket bidrar till att läsaren måste definiera det som är relevant och rimligt, för att skapa perspektivmedvetenhet.

3.4. Fallstudie

Fallstudier innebär att en undersökning av ett problem sker, där det kan gälla både kvalitativt och kvantitativt problem enligt Merriam (1994). Vidare förklaras en observation som en typ av fallstudie som genomförs i naturliga miljöer och på så sätt inte blir påverkad och härledd på samma vis som till exempel experiment och surveyundersökningar. Det kan även vara fördelaktigt att använda sig av en fallstudie om en djupare förståelse av varför problemet har uppstått är nödvändig.

Merriam (1994) beskriver att det finns både för- och nackdelar med att genomföra en fallstudie. Fördelen är att metoden ger forskaren en insyn i problemet medan nackdelen är att läsaren kan få fel bild av problemet. Detta eftersom problemet har simplificerats så pass mycket eller att vissa faktorer har överskattats i fallstudien.

Johannessen och Tufte (2003) anser även de att fallstudier går att applicera på både kvantitativt och kvalitativt arbete. De kvalitativa fallstudierna består av observation samt öppna intervjuer medan de kvantitativa består av befintlig statistik och enkätundersökningar. Vidare förklarar Johannessen och Tufte (2003) att det går att genomföra antingen enkelfallsstudier eller flerfallsstudier, där enkelfallstudier innebär att endast ett fall studeras. Detta för att mycket data om samma fall är ett måste för att kunna analysera fallet. Flerfallsstudier däremot samlar in data om flera olika fall för att kunna jämföra dessa mot huvudfallet. Detta görs för att något speciellt skall framhävas med huvudfallet.

3.4.1. Intervju

Starrin och Renck (2011) beskriver intervjuer som verbala beteenden där samtalet oftast har ett speciellt syfte, nämligen att samla information från sakkunniga inom ämnet. Generellt finns det två olika forskningsintervjuer att tillgå; kvalitativa intervjuer och kvantitativa intervjuer. Den kvalitativa intervjumetoden används för att lista ut, förstå och upptäcka karaktärer samt egenskaper i ämnet. Inom denna intervjumetod är intervjuaren ofta vägledaren för konversationen, vilket även kan påverka intervjuens resultat. Vidare beskriver Starrin och Renck (2011) att en kvantitativ metod istället behandlar en intervju där svarsalternativen är fördefinierade för frågorna eftersom sambanden mellan företeelser och egenskaper skall undersökas.

Dalen (2011) hävdar att forskningsintervjuer går att tillämpa på två olika vis, antingen som en huvudmetod för att samla in fakta eller som en hjälpmetod vilket kompletterar redan existerande information. De båda används för att få en djupare förståelse av personens så kallade livsvärld som innebär hur den intervjuade personen uppfattar sin vardag och hur denne förhåller sig till detta. Dalen (2011) fortsätter att förklara att vid båda dessa typer av intervjuer krävs noggrann planering i form av vilken intervjuform som skall användas, vilken typ av målgrupp den riktar sig till samt vilket tema som skall beröras. Det finns två olika former av intervjuer, antingen öppna eller strukturerade intervjuer. Skillnaden mellan dessa två är att den öppna innebär att informanten får tala fritt utan några förbestämda frågor. Den strukturerade intervjun innehåller däremot förbestämda frågor som skall besvaras av informanten.

Dalen (2011) fortsätter att förklara vikten av att välja ett lämpligt urval av de som skall intervjuas. I detta steg omfattas beslut av vem eller vilka som skall intervjuas, hur många som skall intervjuas samt hur dessa informanter skall väljas ut. Det är viktigt att en avvägning görs för att lagom många informanter väljs. Detta för att tillräckligt med insamlat material skall erhållas samtidigt som den spenderade tiden på intervjuer inte blir för stor, eftersom det är en tidskrävande metod. Det valda urvalet kan komma att behöva kompletteras efter hand eftersom det kan saknas viss information eller variation bland informanterna.

3.4.2. Observation

Observation är en typ av fallstudie, som enligt Gobo (2011) innebär att ett visst område eller scenario studeras för att få en djupare förståelse. Denna observation kan antingen vara deltagande eller icke deltagande. Den icke deltagande observationen innebär att det sker på avstånd och ingen social kontakt sker mellan observant och deltagare. Den deltagande observationen sker däremot genom att kontakt bildas mellan de två parterna och observationen sker med hjälp av kommunikation. Johannessen och Tufte (2003) menar att en observation kan ske av enstaka personer, samverkan mellan personer, grupper av människor, organisationer eller företag, grupper inom organisationer, samhällen eller experiment som utförs i ett laboratorium. Detta kan genomföras genom att föra anteckningar, spela in ljud, spela in bild eller fotografera observationen för att samla in data.

3.5. Validitet och reliabilitet

När det gäller både kvalitativa och kvantitativa studier är både validitet och reliabilitet centrala begrepp vid säkerställandet av kvaliteten i olika tillvägagångssätt (Svensson, 2011). Vid insamling av information kan materialet komma att innehålla både slumpmässiga och systematiska fel, vilket kan påverka resultatets utfall (Holme & Solvang, 1997). Därför finns det grund till att uppnå, genom granskning och noggrannhet, en grad av belåtenhet gällande validitet och reliabilitet (Holme & Solvang, 1997).

Reliabilitet innebär enligt Svensson (2011) att återkommande mätningar erhåller samma resultat. Dock menar Svensson (2011) att reliabiliteten måste tas ur sitt sammanhang beroende på hur situationen framstår, med kringliggande omständigheter, när mätningen görs. Johannessen och Tuft (2003) beskriver reliabiliteten som tillförlitligheten i data. Detta kan behandla både hur insamlingen av data gått till, vilken data som selekteras, används och hur den bearbetas. Johannessen och Tuft (2003) förklarar vidare att det finns olika sätt att säkerställa reliabiliteten på, där ett sätt är ”test-retest”. Detta test innebär en återupprepad undersökning vid två oberoende tidpunkter med ett 2–3 veckors intervall, där korrelationen mellan testerna sedan undersöks.

Svensson (2011) beskriver validitet som definitionen av hur giltigt det mätta resultatet uppges att vara. Detta kan även vara beroende på giltigheten av mätinstrumenten som används, vilket innebär att man i många samband kan komma att jämföra resultatet med det som antas betraktas som sanning. Larsson (1994) menar även på att en vardaglig förankring måste finnas för att validitetsanspråket skall skapas. Holme och Solvang (1997) anser att definitionsmässig validitet är en väsentlig förutsättning och ett komplement till reliabiliteten. Ett sätt att testa validiteten i detta sammanhang är att den teoretiska definierade variabeln överensstämmer med den undersökta variabeln.

3.6. Genomförande

Genomförandet för studien har följt arbetsgången i figur 3.



Figur 3. Arbetsgång för genomförande.

3.6.1. Litteraturstudie

Databaser som användes för att söka vetenskapliga tidskrifter är UniSearch och Google Scholar. Den mest använda litteraturen är vetenskapliga artiklar som kompletterades av information från böcker samt e-böcker. I första hand sorterades artiklarna utefter huruvida de var peer reviewed för att skapa trovärdighet för källan, vilket nämns i kapitel 3.3. Även hemsidor och uppslagsverk kom till användning när fakta samlades in. De främsta sökorden för insamling av teori var line balancing, assembly line, production layout, project planning, takt time, cycle time och network diagram. De främsta sökorden vid metodinsamling var observation, intervju, fallstudie, vetenskaplig metodik samt kvalitativ och kvantitativ metod. Vissa sökord översattes från svenska till engelska och vice versa för att få ett bredare sökresultat.

3.6.2. Sekundärdata

Sekundärdata samlades in från HTC i form av monteringsbeskrivningar och tidigare utförda tidsstudier för respektive operation. Dessa monteringsbeskrivningar är interna dokument som förklarar hur monteringen av en slipmaskin skall utföras och vilka komponenter som skall ingå i den delen av monteringen. Efter insamling av monteringsbeskrivningar studerades

dessa noggrant för att underlätta vid de kommande observationstillfällena. Monteringsbeskrivningarna låg sedan till grund för sekvensering av operationerna eftersom beskrivningarna hade delats in i aktiviteter i aktivitetsnätverket, vilket presenteras i kapitel 4.2. Likaså har tiderna för respektive operation adderats i aktivitetsnätverket efter att de analyserats och kompletterats, vilket förklaras vidare i kapitel 3.6.4. Tidsstudierna i sin tur låg till grund för stationsindelningen som presenteras i kapitel 5.2. Detta eftersom cykeltiderna utgår från monteringsstiderna för respektive operation.

3.6.3. Intervjuer

Intervju användes som metod eftersom information från anställda på HTC var användbart vid datainsamling. Detta för att tillgå ytterligare infallsvinklar angående tillverkning och arbetsrutiner. Vid samtliga intervjuer användes en strukturerad och kvalitativ intervjumetod, som beskrivs i kapitel 3.4.1, eftersom konversationen vägledades med förutbestämda frågor. Intervjuer med montörer användes som en hjälpmetod för att komplettera och sekvensera operationerna i tillverkningen. Även intervjuer med montörer och en produktionsingenjör hölls för att få reda på vilka av monteringsbeskrivningarna som ej var relevanta samt vilka moment som inte fanns med i de givna beskrivningarna.

Intervju med produktionsingenjör användes både som en hjälp- och huvudmetod, vilka förklaras i kapitel 3.4.1. Hjälpmetoden gav ytterligare information kring vilka produkter som tillverkas i förmonteringen och hur dessa beordras internt vid produktion. Huvudmetoden med produktionsingenjören gav däremot information om hur produktionslinan skall utformas och fungera i framtiden när implementering sker. Exempel på detta är antalet arbetsstationer, cykeltid samt resurstillgängligheten vid linan.

Intervju med logistikchef användes som en huvudmetod, vilken gav relevant företagsinformation kring nuläget så som vilka produkter som tillverkas i dagsläget och den framtida förändringens påverkan gällande sortiment och produktion.

3.6.4. Nätverksplanering

En nätverksplan över de olika operationerna som sker i produktionen skapades med hjälp av monteringsbeskrivningar som erhöles av HTC, kompletterande intervjuer med montörer samt observationer i produktionen. Monteringsbeskrivningarna gav insyn i hur monteringen genomförs. Därefter erhöles sekvensen av dessa operationer genom observationer i monteringen och kompletterande intervjuer med montörer. Observationerna genomfördes med hjälp av både en deltagande observation och en icke deltagande observation som förklaras i kapitel 3.4.2. Den deltagande observationen användes vid sekvensering av operationerna där frågor kring monteringen ställdes och därmed skapades en konversation mellan parterna. Den icke deltagande observationen användes däremot vid tidsstudier när tidmätning har genomförts från avstånd. Detta för att inte störa eller stressa montören och på så sätt erhålla för höga eller för låga tider mot verkligheten. Nätverksplaneringen visar logiken i monteringen samt vilka av operationerna som utförs parallellt. När sekvensen för operationerna bestämts analyserades de tidsstudier som erhöles av HTC. Dessa tidsstudier utfördes under åren 2017/2018 och anses därför vara tillräckligt giltiga för att användas som data i studien. Dock är antalet tidsstudier per aktivitet varierande och därför har en gräns satts på minst fyra tidsstudier per aktivitet för att uppnå hög reliabilitet. Samtliga tidsstudier har omvandlats där tiden för respektive aktivitet ej överensstämmer med verkligheten, vilket innebär att även monteringsstid per station, cykeltid, total monteringsstid per station samt differens mellan medeltid och median har omvandlats. Förhållandet mellan de olika tiderna har bevarats eftersom resultatet skall vara analyserbart och så realistiskt som möjligt.

Analys av den insamlade tidsstudien genomfördes genom att medelvärde, median och differens mellan dessa två beräknades för att undersöka dess validitet. Vissa aktiviteters tider

visade stor differens mellan medelvärdet och medianen och av den anledningen har ytterligare observationer genomförts på de aktiviteter som hade en större differens.

Efter det att kompletterande observationer genomförts har nytt medelvärde, median och en ny differens mellan medelvärde och median beräknats utifrån HTC:s tidsstudier och de kompletterande observationerna. I vissa fall fanns det fortfarande differens och därför undersöktes möjliga outliers. I de fall när det endast finns en eller två avvikande datapunkter ansågs det vara en outlier. Dessa outliers har exkluderats från datamängden vilket beskrivs av Wang, Caja och Gómez (2018) enligt kapitel 3.2.1. Om det fanns tre eller flera avvikande datapunkter som hade ungefär samma avvikelse från resterande datamängd ansågs de inte vara outliers och har därför behållits. Differensen accepterades i dessa fall eftersom det till exempel kan tyda på att det uppstår komplikationer frekvent i den aktiviteten, vilket måste tas hänsyn till vid linjebalanseringen vid den framtida produktionslinan.

I kapitel 2.2 beskriver Haugan (2002) sju steg som används vid nätverksplanering. Studien omfattade endast de fyra första stegen eftersom steg fem, sex och sju är upp till HTC att genomföra i framtiden. Detta på grund av att dessa tre steg skall genomföras i ett tidsrum närmare implementeringen av produktionslinan.

Att skapa ett ramverk över planeringen, som Haugan (2002) anser är det första steget, har utförts genom att bryta ned arbetsgången för nätverksplaneringen i delsteg. Dessa delsteg har definierats i form av att samla in sekundärdata, sekvensera och fördela tider på respektive operation. Det andra steget, att definiera operationerna, gjordes genom att studera monteringsbeskrivningarna. För att erhålla operationernas sekvens, vilket är det tredje steget utfördes observationer och intervjuer med hänsyn till de redan studerade monteringsbeskrivningarna. I steg nummer fyra gjordes analyser av insamlade tidsstudier från HTC samt kompletterande observationer. Detta gjordes för att beräkna tiden det tar för att slutföra de operationer som tidigare identifieras.

Studien använde sig av CPM för att visualisera nätverksplanen eftersom Haugans (2002) beskrivning av CPM stämmer överens med det förväntade resultatet av nätverksplaneringen. Något som även låg till grund för beslutstagandet att använda CPM var att Haugans (2002) beskrivning av CPM stämmer överens med Olhager (2013). Även Olhagers (2013) aspekt angående att tiden skall visualiseras för varje operation i nätverket är något som studien har tillämpat.

3.6.5. Linjebalansering

Det huvudsakliga syftet med studiens linjebalansering är densamma som Olhager (2013) beskriver enligt kapitel 2.7.2. Syftet innebär att en hög produktionstakt med avseende på efterfrågan kommer uppnås genom att fördela operationerna på arbetsstationerna. Linjebalanseringen, vilken beskrivs i kapitel 5, skedde med hjälp av bland annat nätverksplaneringen, monteringsstid per station, cykeltid, total monteringsstid per station och antal arbetsstationer i produktionslinan.

Som Tseng och Tang (2006) nämner enligt kapitel 2.7.2, när ett företag skall omkonstruera en befintlig produktion, finns det redan en etablerad sekvens som följs vid montering. Detta var även studiens fall eftersom monteringsbeskrivningar fanns att tillgå av HTC och linjebalanseringen bygger därför vidare på nätverksplaneringen. Därför kan operationer fördelas på respektive arbetsstation med hjälp av monteringsstid per station, cykeltid, total monteringsstid per station och antal arbetsstationer, vilket både Boysen, Fliedner och Scholl (2007) och Chao och Sun (2016) beskriver enligt kapitel 2.7.2.

När linjebalanseringen skapats, utvärderades den enligt metoderna enligt kapitel 2.7.4. Vid beräkning av dessa tre index används i formel 3, 4 och 5 den högsta cykeltiden per arbetsstation för samtliga stationer.

3.6.6. Validitet och reliabilitet

Genom att förslaget av utformning och balansering av produktionslinan baserades på både observationer, intervjuer och nätverksplan skapades validitet. På så sätt kompletterade metoderna varandra, som i sin tur gav fler infallsvinklar för att kunna validera resultatet. Observationerna genomfördes av två personer, vilket i sin tur skapade valida data redan vid observationstillfället. Samma sak gällande intervjuer eftersom två personer utvärderade om svaret tolkades på samma sätt. För att validera data från intervjuer, intervjuades tre montörer med liknande arbetsuppgifter med samma frågor. Ett ytterligare sätt att validera data från intervju var att respondenterna fick ta del av materialet för att godkänna att innehållet stämde överens med den intervjuade personens åsikter.

Den tidsdata som erhöles av HTC undersöktes gällande dess reliabilitet eftersom fyra olika mättillfällen av tidsdata användes för att beräkna monteringstiden till nätverksplaneringen. Om det inte fanns minst fyra olika mättillfällen per operation kompletterades dessa med egna observationer för att stärka reliabiliteten. Genom att beräkna differensen mellan medelvärde och medianen har även validiteten hos tidsstudierna undersökts.

Ytterligare validering som har skett är att den insamlade teorin stämmer överens med insamlade data. Dataanalysen har även den validerats genom att undersöka att beräkningarna var rätt utförda samt genom att resultatet analyserades både mot teori och att det uppfattats som realistiskt.

4. Nuvarande produktionsprocess

Kapitel 4.1–4.2 innehåller en presentation av HTC och dess verksamhet samt en ingående beskrivning av dagens montering.

4.1. Företagspresentation

HTC Sweden AB är från start ett familjeföretag som grundades år 1987. Företaget har sedan dess vuxit och blivit ledande inom produktion av slip- och underhållsmaskiner, där de finns representerade i stora delar av världen. De hanterar allt ifrån inköp, orderläggning och sälj till produktion, lagerhantering samt utleveranser under ett och samma tak. HTC riktar sig till entreprenörer och har ett kundfokus som inriktar sig på att sälja lösningar, vilket innebär att de säljer ett slutgiltigt golv som hjälper kunden att få ett efterfrågat resultat. HTC erbjuder inte endast maskinen utan kunden kan även köpa diverse sliptjänster, verktyg samt reservdelar. Produkterna är anpassade efter både stora och små ytor och kan även användas inom flera olika områden. En maskin kan exempelvis användas för både golvslipning och borttagning av golv vid en renovering genom att byta endast en verktygsplatta.

År 2017 köptes HTC upp av Husqvarna Group, vilket innebar förändringar inom både företagsstruktur samt produktion. En del av de produkter som tidigare tillverkades i Söderköping har fasats ut och nya kommer att introduceras. De kvarvarande samt de nya modellerna kommer att tillverkas i större produktionsvolymmer än vad dagens modeller gör.

I och med att HTC numera ingår i Husqvarnakoncernen är majoriteten av personalen anställda under Husqvarna. Utöver de anställda av Husqvarna är 48 personer fast anställda av HTC samt personal från konsultbyråer. Totalt finns det tolv montörer anställda på HTC, både som konsulter och företagsanställda. Dessa personer jobbar inte i skift, utan monteringen är ett heltidsarbete som sker åtta timmar dagligen under de årliga arbetsdagarna exklusive helg- och semesterdagar.

4.2. Nuvarande montering

Två olika produkter studeras, nämligen Duratiq 6 som visas till höger i figur 4 och Duratiq 8 vilken visas till vänster i figur 4. Den enda skillnaden som finns mellan modellerna är att Duratiq 6 har ett mindre sliphuvud än Duratiq 8 och innehåller därmed färre komponenter. I övrigt sker monteringen på samma vis för de två modellerna.



Figur 4. Duratiq 8 och Duratiq 6. (HTC Sweden AB, 2018, s. 10-11)

HTC beskriver sin produktion som en cellformation, där monteringen i varje cell påminner om en funktionell verkstad. Detta eftersom produkten förflyttas i cellen mellan olika

monteringsytor beroende på vilken del av produkten som monteras. Montering sker i dagsläget på så vis att varje montör tillverkar en slipmaskin från komponent till färdig produkt. Eftersom monteringen är upplagd på detta vis innebär det att montören får bestämma monteringssekvensen på de operationer som inte är beroende av varken tidigare eller efterkommande operation. Dessa är aktiviteter som kan utföras parallellt med vissa övriga aktiviteter, vilka beskrivs som aktivitet F1, C13 och C16 i figur 5.

I huvudsak kan monteringen delas in i fyra olika delar, förmontering, montering av chassi, montering av sliphuvud och till sist en slutmontering. Förmontering sker för att underlätta monteringsprocessen där vissa delar, som ingår i ett antal aktiviteter, tillverkas mot buffert enligt Kanban. Dessa aktiviteter beskrivs enligt figur 5 som P5 och F1. Vissa delar tillverkas i en hydraulpress och tillverkas innan sliphuvudets montering kan påbörjas, vilket visas som P1, P2, P3 samt P4 i figur 5. Även aktivitet P5 tillverkas i en hydraulpress men är istället en komponent som ingår i monteringen av chassit. Chassi och sliphuvud monteras separat för att sedan sättas samman i slutmonteringen. Aktiviteterna som tillhör montering av chassi presenteras i figur 5 som C1-C16. Montering av chassit innebär bland annat att elskåp, hjul och övriga detaljer monteras på stommen. De aktiviteter som tillhör sliphuvudet är aktiviteterna H1-H10, vilket till exempel består av att montera slipustrustning och motor. I slutmonteringen monteras chassi och sliphuvud samman, vilket visas av aktiviteterna S1-S6 i figur 5. I detta steg fästs även detaljer så som handtag, dekaler och övriga yttre fixturer.

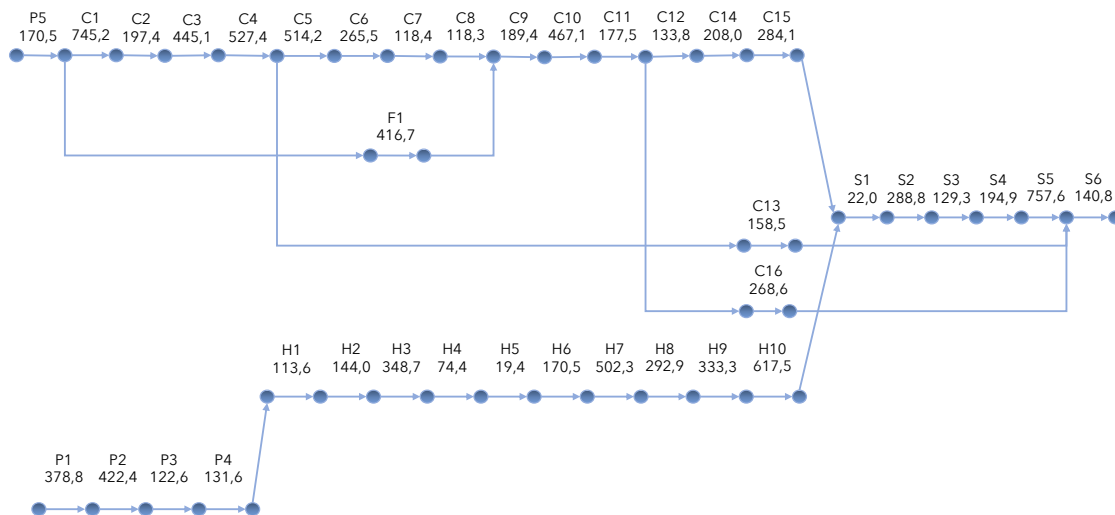
Vid montering finns vissa hjälpmedel för montörerna där bland annat en travers används vid tunga lyft i samtliga delar av monteringen. Vid montering av sliphuvudet däremot används en fixtur som är höj- och sänkbar och som har ett vridningsmoment som är 360 grader. När montering av chassi och slutmontering sker finns det även här ett höj- och sänkbart bord för att underlätta vid de olika operationerna.

Aktivitetsnätverket i figur 5 beskriver monteringsens fyra olika delar där raden under aktivitetsnamnet beskriver tiden för respektive aktivitet i sekunder. Som tidigare nämnt i kapitel 3.6.4. har tiden för varje aktivitet omvandlats. Analys av tidsdata har genomförts enligt kapitel 3.6.4, där medeltid, median samt differens mellan medelvärde och median beräknas. I de fall när differensen var större än 37,9 sekunder eller när det fanns färre än fyra tidsstudier genomfördes kompletterande observationer i form av tidmätning, se tabell 1. 37,9 sekunder valdes som gräns eftersom högre tider kan komma att påverka cykeltiden på respektive station i produktionslinan.

Tabell 1. Antal aktiviteter med differens eller för få mätningar.

Dataanalys	
Totalt antal aktiviteter [st]	38
Antal aktiviteter med differens större än 37,9 sekunder [st]	9
Antal aktiviteter med färre än fyra mätningar [st]	12

När differensen mellan medelvärde och median undersökts och därefter kompletterats med egna observationer har outliers eliminerats. Detta resulterar i en total beräknad monterings tid, för att producera en golvslipmaskin av modellen Duratiq 6 eller 8, på 10611,0 sekunder. Icke-värdeadderande aktiviteter så som hämta verktyg och att transportera maskin mellan olika delar av montering är exkluderade, vilket innebär att tiden endast innefattar ren monterings tid.



Figur 5. Monteringsstruktur för Duratiq 6 och 8.

Under tillverkningen sker tre olika kontroller för att säkerställa kvaliteten. Den första kontrollen sker vid montering av sliphuvud och ingår i aktivitet H9 enligt figur 5. Denna kontroll innebär att monteringen av sliphuvudets inre komponenter kontrolleras att de utförts korrekt. I den andra kontrollen, som ingår i aktivitet S3, inspekteras det om elen har kopplats korrekt mellan sliphuvud och chassi. Enligt observationer tar denna kontroll maximalt 60 sekunder i de fall där inget fel uppmärksammas. De två första kontrollerna får inte utföras av den montör som har monterat respektive del, utan måste ske av en annan montör. Efter att sliphuvud och chassi monterats samman i slutmonteringen skickas maskinen till en testyta där en slutkontroll sker enligt rutin som omfattar bland annat ett testgenomförande samt säkerhetskontroll. De maskiner som innehåller eventuella fel som upptäcks i testytan, skickas tillbaka till montörer som åtgärdar problemet när tid finns.

5. Implementering av produktionslina

I kapitel 5.1 förklaras den framtida monteringen i produktionslinan medan i kapitel 5.2 presenteras den utförda linjebalanseringen. Kapitel 5.3 sammanfattar samtliga linjebalanseringsförslag och presenterar en jämförelse av dem.

5.1. Framtida montering

Den framtida produktionslinan kommer att producera flera modeller där modellerna Duratiq 6 och 8 bara är en delmängd av dessa. Produktionslinan kommer, enligt produktionsingenjör, att bestå av åtta arbetsstationer, varav sju stationer omfattas av rent monteringsarbete och den åttonde representeras av en testyta. Testytan är placerad sist i produktionslinan eftersom en slutgiltig kontroll av maskinen sker på denna station. Eventuella fel som upptäcks i testytan kommer att hanteras i ett annat flöde än i produktionslinan. Detta eftersom linan skall kunna behålla totala monterings tiden per arbetsstation och på så sätt kommer produktionen ej att avbrytas. Enligt intervjuer med produktionsingenjör på HTC sker linjebalanseringen utifrån de sju arbetsstationerna där respektive station skall, enligt beräkningar utförda av HTC, ha en total monterings tid på 34,7 minuter. I denna totala monterings tid ingår både tid för värdeadderande-aktiviteter och tid för icke-värdeadderande aktiviteter.

I den framtida monteringen finns målet att alla montörer skall kunna alla delar av monteringen. Detta innebär att montörerna kommer att kunna rotera vid arbetsstationerna, vilket kan vara till hjälp när monteringen är underbemannad vid exempelvis sjukdom.

I framtiden kommer även de två kontrollerna utöver testytan, som beskrivs i kapitel 4.2, att genomföras av montörer. Även i den framtida monteringen får inte kontrollen utföras av den montör som monterat respektive del, utan måste genomföras av en annan montör på nästkommande arbetsstation. Detta medför att linjebalanseringen begränsas av detta önskemål från HTC.

5.2. Förslag på linjebalansering

Kapitel 5.2.1–5.2.6 beskriver studiens olika förslag på hur den framtida produktionslinan kan linjebalanseras. Med hjälp av nätverksplan, observationer, intervjuer och sekundärdata ligger cykeltid och antalet arbetsstationer som underlag till de olika förslagen.

För att påbörja linjebalanseringen beräknades monterings tiden per arbetsstation i produktionslinan som endast inkluderat rent monteringsarbete utan icke-värdeadderande aktiviteter. Denna beräknades utifrån de tidsstudier som HTC har utfört samt kompletterande observationer. Monterings tiden per arbetsstation beräknades genom hur lång tid det tar att tillverka en maskin, med hänsyn till endast rent monteringsarbete, dividerat med antalet arbetsstationer. Resultatet blev 1515,9 sekunder, vilket motsvarar ungefär 25,3 minuter. För att skapa tidsutrymme vid stationsindelningen har en buffert på fem minuter, det vill säga 300,0 sekunder adderats till monterings tiden per arbetsstation. Detta eftersom operationerna inte kan fördelas med sekundprecision inom den angivna monterings tiden per arbetsstation. Detta medför att studien genomför linjebalanseringen med en cykeltid på 1815,9 sekunder vilket efter avrundning motsvarar 30,3 minuter per arbetsstation. Denna cykeltid på 30,3 minuter får ej överskridas vid linjebalanseringen och representeras av den röda linjen som visas i figur 6–10.

Enligt produktionsingenjör i kapitel 5.1 skall den totala monterings tiden per station vara 34,7 minuter, inkluderat både värdeadderande och icke-värdeadderande tid. Den cykeltid som används vid linjebalansering är 30,3 minuter, vilket inkluderar en buffert på 300,0 sekunder. Differensen mellan den totala monterings tiden per arbetsstation och cykeltiden är 4,4 minuter, vilket innebär att 4,4 minuter utöver buffert kan spenderas på icke-värdeadderande aktiviteter som inte omfattar rent monteringsarbete inom den totala monterings tiden per

arbetsstation. Denna differens på 4,4 minuter gör även att studien skapar utrymme för kritiska moment så som att kortare stillestånd kan ske, och på så sätt inte påverkar cykeltiden. Detta för att ta hänsyn till det som Dolgui och Battaia (2013) nämner enligt kapitel 2.7.2, att det inte är endast processtiden som skall undersökas när cykeltiden skall begränsas.

Linjebalanseringen genomförs på nio olika vis för att undersöka vilket förslag som anses vara bäst balanserat, både sett ur applicerbarhet hos HTC samt de tre olika utvärderingsindex. Ett av dessa linjebalanseringsförslag är en teoretisk linjebalansering som utförs enligt Kilbridge och Wester heuristiken som beskrivs i kapitel 2.7.3. Detta förslag presenteras i kapitel 5.2.1 och i bilaga 2. I och med att operationernas precedens är känt sedan tidigare från monteringsbeskrivningar samt observationer tilldelas operationer till kolumner, se tillvägagångssätt i bilaga 1. Kolumnerna ligger sedan som grund när operationerna fördelas och innebär att chassi samt sliphuvud kan ha en kombinerad montering vid respektive arbetsstation.

Av de övriga åtta sätten att linjebalansera, utöver det teoretiska linjebalanseringsförslaget, presenteras förslag 2–5 i kapitel 5.2.2–5.2.5 samt i bilaga 3–6. I kapitel 5.2.2–5.2.5 presenteras tiden per station samt de tre utvärderingsindex som beräknats. Dessa utvärderingsindex skall minimeras för att uppnå en så effektiv och balanserad produktionslina som möjligt. Bilaga 3–6 presenterar hur aktiviteterna har fördelats på respektive station. De fyra resterande linjebalanseringsförslagen, förslag 6–9, presenteras i kapitel 5.2.6.

Linjebalanseringsförslag 2 och 3 utförs genom att kombinera metoder för stationsindelning med sekvensen i aktivitetsnätverket. Detta på grund av att samtliga teoretiska metoder som presenteras enligt kapitel 2.7.3, baseras på att stationsindela aktiviteterna med hjälp av en angiven cykeltid. Studiens linjebalanseringsproblem utgick istället från att sju arbetsstationer skall användas internt i den framtida produktionslinan. Detta innebär att ingen av de teoretiska metoderna enligt kapitel 2.7.3 kan appliceras fullt ut på studiens linjebalanseringsproblem. På grund av detta sker linjebalanseringsförslag 2 och 3, till skillnad från den teoretiska linjebalanseringen, utifrån sekvensen från aktivitetsnätverket. I förslag 2 och 3 kan därmed inte sliphuvud och chassi kombineras på samma station förrän dess att antingen chassit eller sliphuvudet är färdigmonterat. Dessa två exempel på linjebalanseringar tar även hänsyn till aktiviteter som kan ske parallellt samt till HTC:s egna åsikter gällande de kontroller som sker i monteringen, vilka förklaras i kapitel 4.2. Dessa kontroller innebär att montören inte kan inspektera det egna monteringsarbetet och därmed sker kontrollen på nästkommande station.

Linjebalanseringsförslag 2 har gjorts med hjälp av tankesättet från den teoretiska metoden “längst operationstid först” samt “positionsviktsmetoden” som beskrivs enligt kapitel 2.7.3, sekvensen från aktivitetsnätverket och logiskt resonemang kring applicerbarhet. Tankesättet som har används är att chassit har en längre monteringsstid än sliphuvudet och därmed bör chassit placeras före sliphuvudet. Det logiska resonemanget innebär att delar i förmonteringen inte skall förflyttas bakåt i produktionslinan och därför placeras de delar som pressas i hydraulpressen först, eftersom dessa delar ingår i både sidhuvud och chassi.

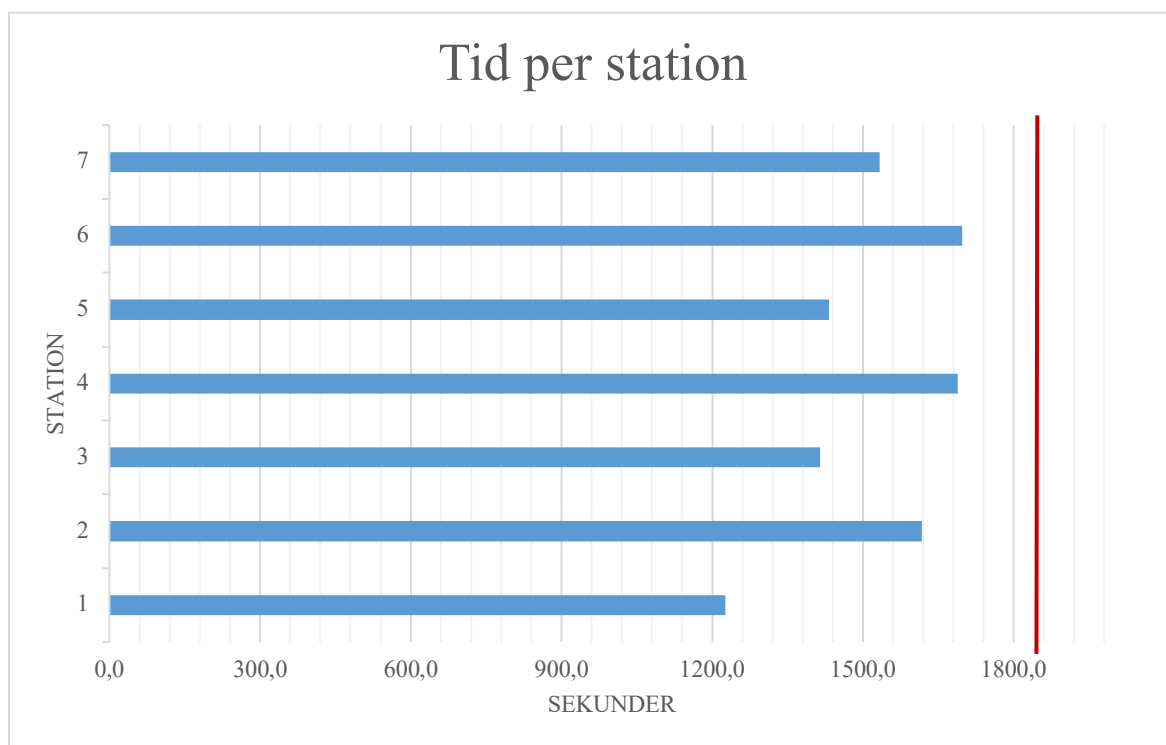
Linjebalanseringsförslag 3 har gjorts med liknande tillvägagångssätt som linjebalanseringsförslag 2, eftersom förslag 3 utgår också från sekvensen i aktivitetsnätverket och följer ett logiskt resonemang. Däremot har de teoretiska metoderna “längst operationstid först” samt “positionsviktsmetoden” används på omvänt sätt eftersom sliphuvudet, med den lägsta monteringsstiden, placerades före chassit.

Linjebalanseringsförslag 4 är en vidareutveckling av förslag 2 medan linjebalanseringsförslag 5 är en vidareutveckling av förslag 3. Dessa vidareutvecklingar har skapats med hänsyn till studiens rekommendationer till HTC gällande kontrollen som sker i aktivitet S3. I förslag 4

och 5 har hela slutmonteringen tilldelats station 7 istället för att delas upp på station 6 och 7, vilket görs i förslag 2 och 3.

5.2.1. Linjebalansering förslag 1

Förslag 1 visar resultatet av den teoretiska linjebalansering som utförts enligt Kilbridge och Wester heuristiken som beskrivs av Ponnambalam, Aravindan och Mogileeswar Naidu (1999) enligt kapitel 2.7.3. Resultatet av vilka aktiviteter som tilldelas vilken station visas i bilaga 2. Figur 6 presenterar respektive tid på de sju arbetsstationerna, vilka ej överskrider cykeltiden på 1815,9 sekunder.



Figur 6. Linjebalansering förslag 1.

Tabell 2 visar tiden på respektive station i linjebalanseringsförslag 1.

Tabell 2. Tid per station förslag 1.

Station	Tid per station [s]
1	1225,8
2	1616,9
3	1415,0
4	1689,1
5	1433,1
6	1697,6
7	1533,4

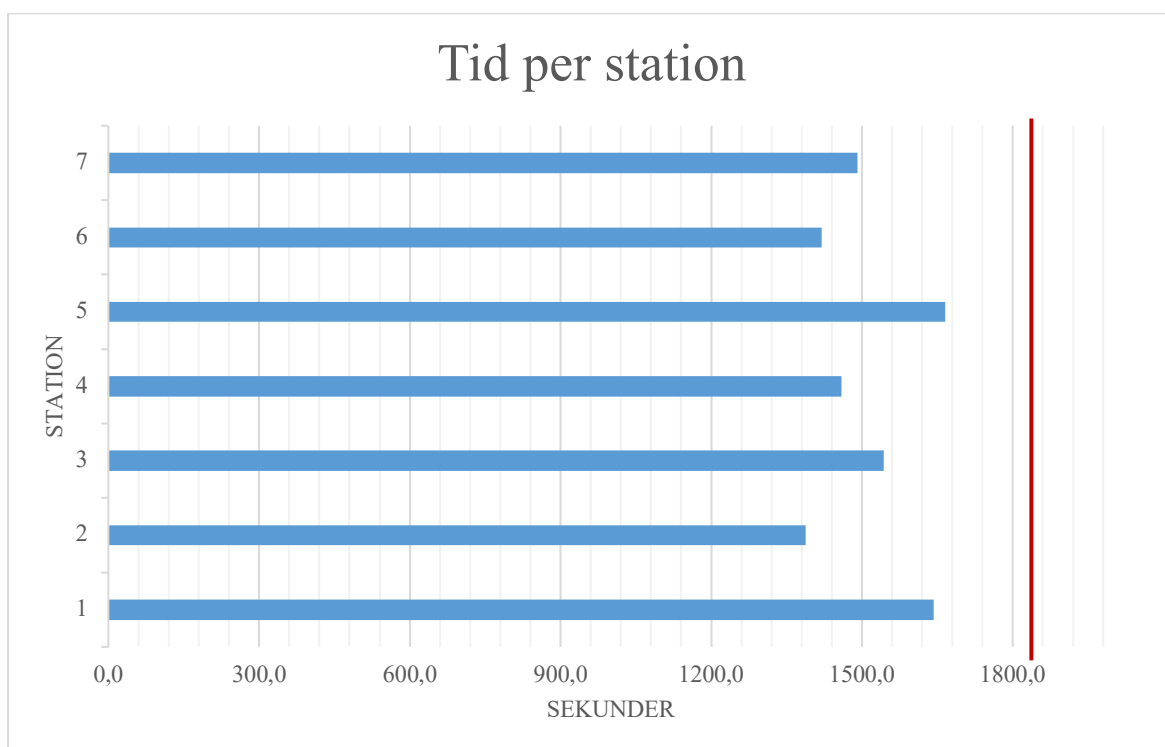
I tabell 3 presenteras resultatet för de tre olika index som används vid utvärdering av linjebalansering. Dessa tre index är beräknade med hjälp av tiderna för respektive station, vilka presenteras i tabell 2.

Tabell 3. Utvärderingsindex förslag 1.

Utvärderingsindex	
Stillastående tid [s]	181,8
Utjämningsindex [s]	240,8
Balanseringsförlust [%]	10,7%

5.2.2. Linjebalansering förslag 2

Detta linjebalanseringsförslag, där chassit sekvenseras före sliphuvudet, utgår från monteringsstrukturen som presenteras i figur 5. Resultatet för vilka aktiviteter som tilldelas till de sju arbetsstationerna finns i bilaga 3, och figur 7 presenterar att ingen tid på respektive station överskrider cykeltiden på 1815,9 sekunder. Förslag 2 innebär att slutmonteringen delas upp mellan station 6 och 7. Uppdelningen sker för att kontrollen av koppling av el skall ske av en annan montör än den som monterat det. Därför sker kontrollen och resterande aktiviteter tillhörande slutmonteringen på station 7.



Figur 7. Linjebalansering förslag 2.

Respektive stations tid presenteras i tabell 4.

Tabell 4. Tid per station förslag 2.

Station	Tid per station [s]
1	1642,5
2	1387,7

3	1543,7
4	1459,9
5	1665,9
6	1420,1
7	1491,2

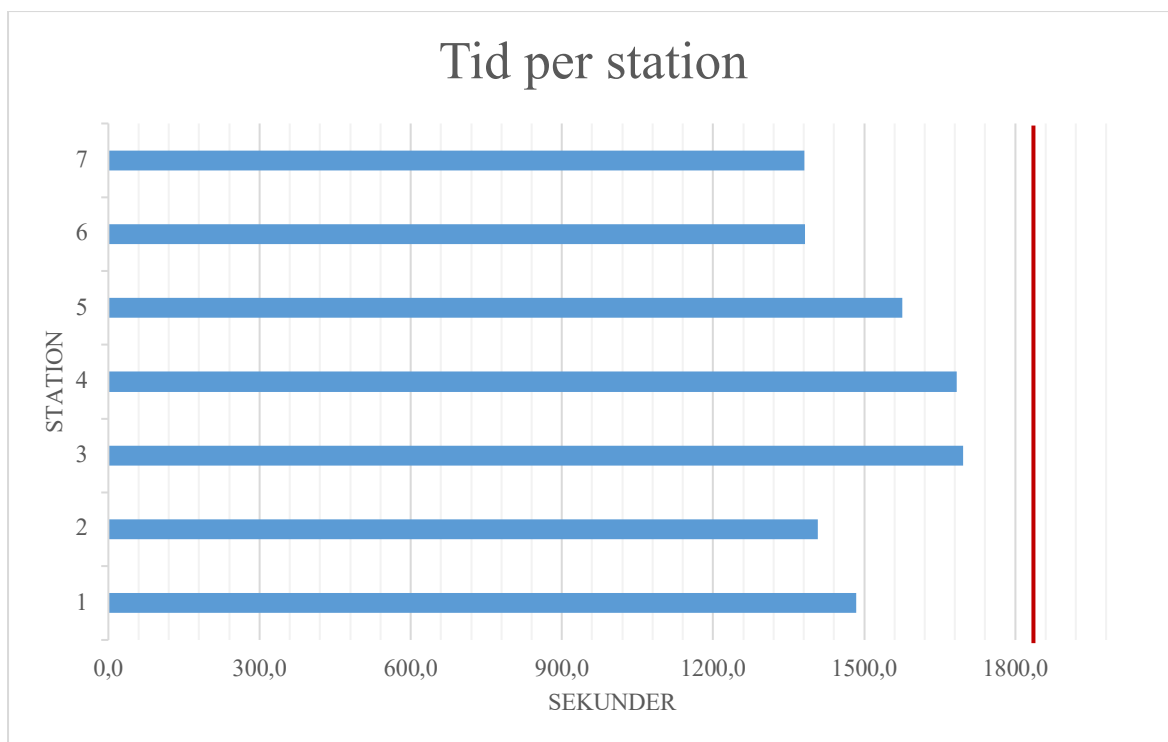
Även i detta fall beräknas de tre utvärderingsindex som presenteras i kapitel 2.7.4 utifrån tiderna från tabell 4 för att utvärdera linjebalanseringsförslagen med varandra. Dessa tre index för förslag 2 presenteras i tabell 5.

Tabell 5. Utvärderingsindex förslag 2.

Utvärderingsindex	
Stillastående tid [s]	150,0
Utjämningsindex [s]	179,7
Balanseringsförlust [%]	7,7

5.2.3. Linjebalansering förslag 3

Även detta linjebalanseringsförslag utgår från sekvensen som presenteras i figur 5. Linjebalanseringsförslag 3, till skillnad från förslag 2, utgår från att sliphuvudet sekvenseras före chassit. I bilaga 4 presenteras vilka aktiviteter som tilldelas respektive arbetsstation, som i sin tur bidrar till tiderna per station som presenteras i figur 8, vilken visar att cykeltiden på 1815,9 sekunder inte överskrider. På samma vis som i förslag 2 är slutmonteringen uppdelad i station 6 och 7 på grund av kontrollen mellan sliphuvud och chassi.



Figur 8. Linjebalansering förslag 3.

De tider som uppnås på respektive station i linjebalanseringsförslag 3 presenteras i tabell 6.

Tabell 6. Tid per station förslag 3.

Station	Tid per station [s]
1	1483,5
2	1408,2
3	1696,0
4	1684,0
5	1575,3
6	1382,8
7	1381,1

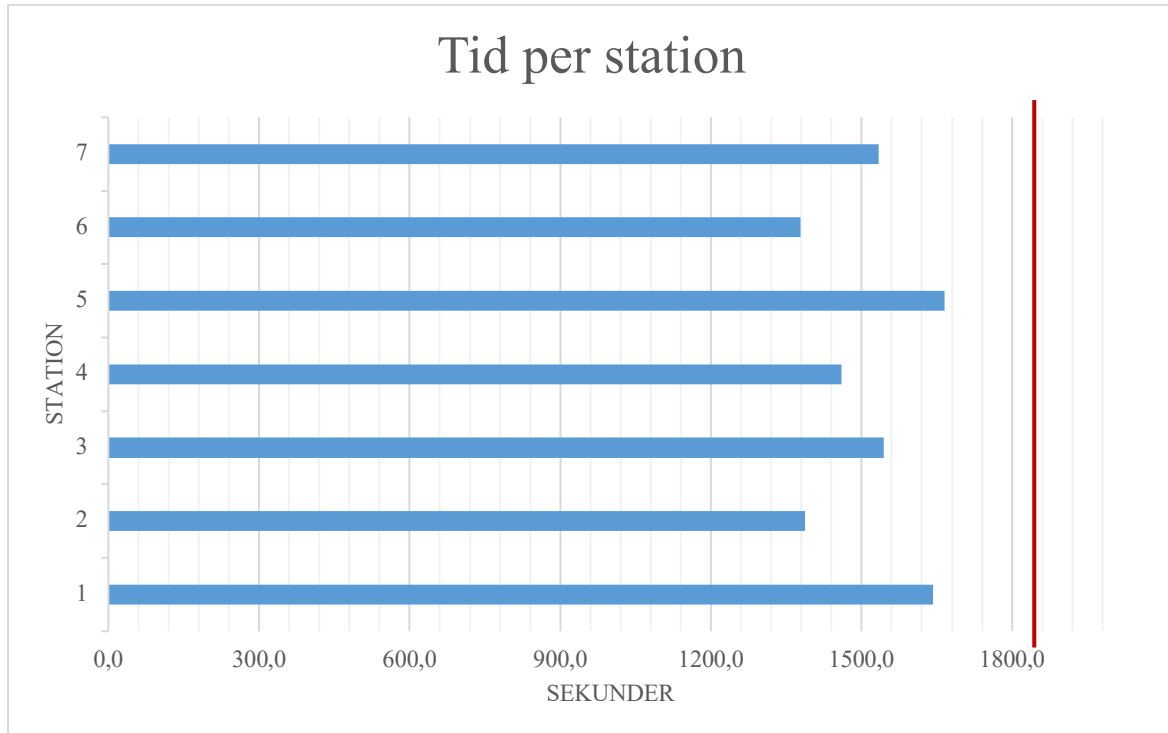
Tabell 7 presenterar resultatet av stillastående tid, utjämningsindex och balanseringsförlust för linjebalanseringsförslag 3. Dessa tre utvärderingsindex är beräknade utifrån tiderna i tabell 6.

Tabell 7. Utvärderingsindex förslag 3.

Utvärderingsindex	
Stillastående tid [s]	180,2
Utvärderingsindex [s]	220,4
Balanseringsförlust [%]	10,6

5.2.4. Linjebalansering förslag 4

Detta förslag görs som en vidareutveckling av linjebalanseringsförslag 2 där skillnaden är att hela slutmonteringsaktiviteter placeras på en egen arbetsstation. I figur 9 presenteras att ingen av tiderna på respektive station överskrider 1815,9 sekunder. Sett till figur 9, i jämförelse med figur 7, skiljer det sig endast mellan station 6 och 7. Detta på grund att slutmonteringsaktiviteter inklusive kontroll mellan sliphuvud och chassi tilldelats en egen station, vilket presenteras av linjebalanseringen i bilaga 5.



Figur 9. Linjebalansering förslag 4.

Tiderna för station 1–7 i linjebalanseringsförslag 4 presenteras i tabell 8.

Tabell 8. Tid per station förslag 4.

Station	Tid per station [s]
1	1642,5
2	1387,7
3	1543,7
4	1459,9
5	1665,9
6	1378,0
7	1533,4

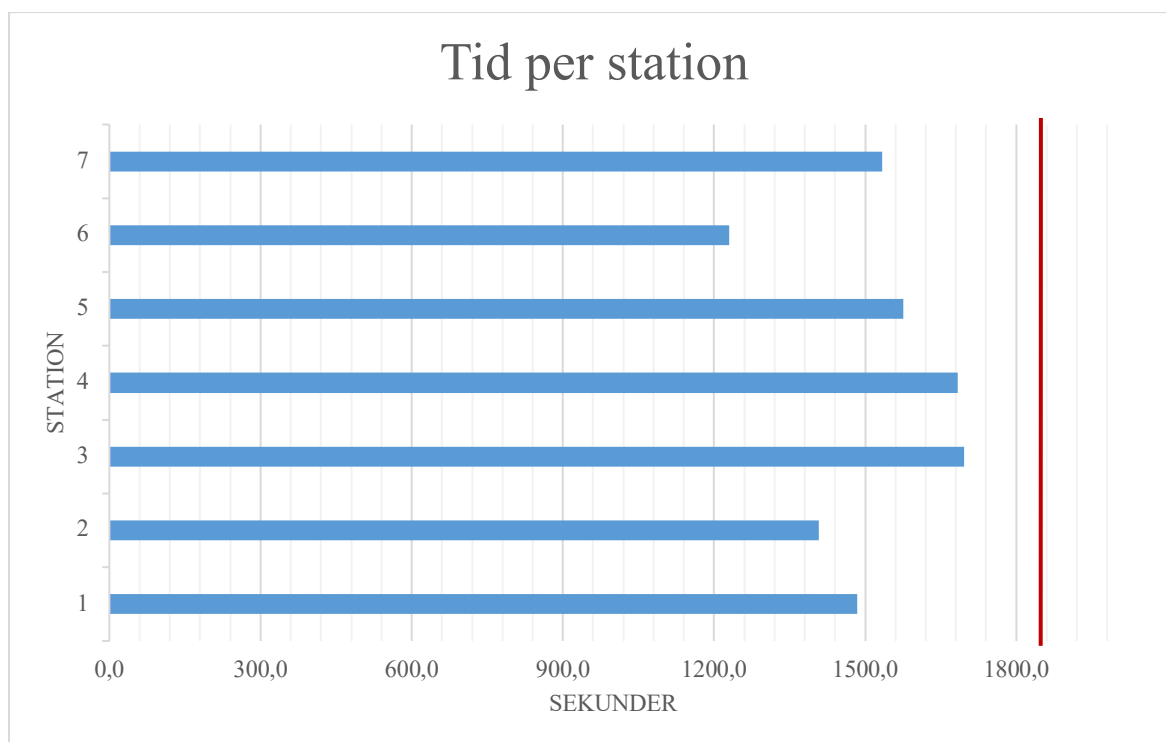
I tabell 9 presenteras de tre utvärderingsindex vilka är genomförda utifrån tiderna för respektive station i tabell 8.

Tabell 9. Utvärderingsindex förslag 4.

Utvärderingsindex	
Stillastående tid [s]	150,0
Utjämningsindex [s]	183,5
Balanseringsförlust [%]	7,7

5.2.5. Linjebalansering förslag 5

Linjebalanseringsförslag 5 utgår från linjebalanseringsförslag 3, där skillnaden mellan dessa två förslag är att hela slutmonterings aktiviteter placeras på en egen arbetsstation. Detta presenteras i bilaga 6 tillsammans med övriga aktiviteter och hur de fördelats på respektive arbetsstation. Att ingen tid på respektive station överskrider cykeltiden på 1815,9 sekunder visas i figur 10, där resultatet i jämförelse med figur 8 endast skiljer sig mellan station 6 och station 7. På samma vis som förslag 4 innebär det att slutmontering och kontroll av el mellan chassi och sliphuvud sker på en och samma station, även i förslag 5.



Figur 10. Linjebalansering förslag 5.

I tabell 10 visas tiden för respektive arbetsstation för linjebalanseringsförslag 5.

Tabell 10. Tid per station förslag 5.

Station	Tid per station [s]
1	1483,5
2	1408,2
3	1696,0
4	1684,0

5	1575,3
6	1230,6
7	1533,4

Tre olika utvärderingsindex visas i tabell 11, nämligen stillastående tid, utjämningsindex och balanseringsförlust som beräknats från tiderna per station som presenteras i tabell 10.

Tabell 11. Utvärderingsindex förslag 5.

Utvärderingsindex	
Stillastående tid [s]	180,2
Utvärderingsindex [s]	234,8
Balanseringsförlust [%]	10,6

5.2.6. Linjebalanseringsförslag 6–9

Linjebalanseringsförslag 6 överskred cykeltiden medan förslag 7–9 erhöll högre värden gällande utvärderingsindex än förslag 2–5. Detta innebär att förslag 6–9 skulle resultera i en mindre effektiv produktionslina än förslag 2–5 och exkluderades därmed från vidare studier, men presenteras kortfattat här.

Linjebalanseringsförslag 6 utgick från att chassit monterades först, följt av pressdelar, montering av sliphuvud och till sist slutmontering där aktiviteter tilldelades en egen station. Tiderna för respektive station för linjebalanseringsförslag 6 presenteras i tabell 12 vilket resulterade i en för hög tid på arbetsstation 7. Resultatet blev 1866,8 på station 7 och överskrider därmed cykeltiden på 1815,9 sekunder och exkluderades eftersom förslaget ej ansågs vara giltigt.

Tabell 12. Tid per station förslag 6.

Station	Tid per station [s]
1	1387,7
2	1543,7
3	1543,0
4	1378,2
5	1483,5
6	1408,2
7	1866,8

Linjebalanseringsförslag 7 är ett förslag där chassi kommer först i monteringsordningen och kan därmed jämföras med linjebalanseringsförslag 2. Detta förslag resulterade i en likadan stillastående tid, ett lägre utjämningsindex samt en högre balanseringsförlust, vilket kan ses i tabell 5 och 13. Anledningen till att linjebalanseringsförslag 7 exkluderades är att logiken i linjebalanseringen ej är lämplig i praktiken. Detta eftersom samtlig förmontering tillverkas i

slutet av produktionslinan och måste därmed förflyttas bakåt i flödet för att användas vid montering. Detta i sin tur innebär att ett ytterligare flöde, i motsatt riktning, måste tas till hänsyn i produktionslinan som måste planeras och pareras med det framåtgående flödet som den resterande monteringen har.

Linjebalanseringsförslag 8 och 9 är två förslag där sliphuvudet placeras först i monteringsordningen. Både linjebalanseringsförslag 8 och 9 har monteringsordningen montering av sliphuvud, pressdelar, montering av chassi följt av slutmontering. Denna monteringsordningen kommer att kräva ett flöde i motsatt riktning eftersom pressdelarna tillverkas innan sliphuvudets montering. Det som skiljer förslag 8 och 9 åt är huruvida de parallella aktiviteterna har fördelats mellan stationerna. I jämförelse med förslag 3 och 5, som även har sliphuvudet först i monteringsordningen, resulterade förslag 8 samt 9 i högre utjämningsindex, medan resterande index är likadana. Detta kan ses i tabell 7, 11 och 13. Att utjämningsindex är högt samt att monteringsordningen i förslag 8 och 9 kräver ett flöde i motsatt riktning innebär det att linjebalanseringsförslag 8 och 9 exkluderades att vidare studeras.

Tabell 13. Utvärderingsindex för förslag 7–9.

Linjebalanseringsförslag	Stillastående tid [s]	Utgjämningsindex [s]	Balanseringsförlust [%]
7	150,0	177,9	9,0
8	180,2	249,0	10,6
9	180,2	287,2	10,6

5.3. Jämförelse linjebalanseringsförslag

Samtliga utvärderingsindex som presenteras i tabell 6 skall som tidigare nämnt minimeras för att erhålla det bästa förslaget med hänsyn till effektivitet och en väl balanserad produktionslina. Genom att analysera utvärderingsindex i tabell 6 tyder detta på att linjebalanseringsförslag 1 är det sämsta alternativet att implementera. Även om stillastående tiden, utjämningsindex och balanseringsförlusten kan liknas med de övriga fyra förslagen, gäller det att minimera alla index.

Det bästa alternativet i tabell 6 utgörs av linjebalanseringsförslag 2 som har ett lägre värde i alla utvärderingsindex i jämförelse med förslag 1, 3 och 5. Linjebalanseringsförslag 4, som är en vidareutveckling av förslag 2, har en högre tid på 3,8 sekunder när det gäller utjämningsindex. Gällande balanseringsförlusten och den stillastående tiden är dessa två index densamma för förslag 2 och förslag 4. Detta gäller även för linjebalanseringsförslag 3 i jämförelse med förslag 5 där den enda skillnaden uppstår när utjämningsindex analyseras.

Tabell 14. Utvärderingsindex för linjebalanseringsförslag 1–5.

Linjebalanseringsförslag	Stillastående tid [s]	Utgjämningsindex [s]	Balanseringsförlust [%]
1	181,8	240,8	10,7
2	150,0	179,7	7,7
3	180,2	220,4	10,6
4	150,0	183,5	7,7
5	180,2	234,8	10,6

6. Analys & diskussion

I kapitel 6.1 analyseras implementeringsaspekter kring linjebalanseringsförslag 1–5, eftersom linjebalanseringsförslag 6–9 exkluderats. Vidare i kapitel 6.2–6.5 diskuteras förbättringsförslag som uppmärksammats i monteringen, validitet och reliabilitet i resultatet, samhällseliga och etiska aspekter vid implementering och till sist vidare studier för HTC att utföra.

6.1. Analys av implementeringsaspekter

Linjebalanseringsförslag 1–5 tar på olika sätt hänsyn till teoretiska metoder, HTC:s krav samt att minimera de olika utvärderingsindexen. De olika teoretiska metoderna för linjebalansering, vilka presenteras i kapitel 2.7.3, baseras på att stationsindela aktiviteterna utifrån en angiven cykeltid. Studiens linjebalanseringsproblem utgår istället från att sju arbetsstationer skall finnas vid tillverkning. Detta innebär att de teoretiska metoderna ej kan appliceras fullt ut på studiens linjebalansering. De teoretiska metoderna finns istället med i åtanke och ger en ökad kunskap inför studiens sätt att stationsindela. Om det funnits en angiven cykeltid som endast tar hänsyn till ren monteringsstid eller om tidsstudierna även hade tagit hänsyn till icke-värdeadderande tid hade studiens linjebalansering kunnat genomförts med teoretiska metoder för stationsindelning. I så fall hade resultatet troligtvis blivit annorlunda. Till exempel hade antalet arbetsstationer kunnat öka eller minska, vilket innebär att stationsindelningen av aktiviteterna förändrats i jämförelse med studiens resultat.

Det första förslaget gällande linjebalansering görs med hjälp av Kilbridge och Wester heuristicen enligt kapitel 2.7.3. Förslaget blandar monteringen av chassi och sliphuvudet på de olika arbetsstationerna, vilket gav ett relativt bra förslag i teorin med 10,7% i balanseringsförlust, vilket innebär att endast 10,7% av den totala tiden förloras.

I praktiken blir det första förslaget svårt att genomföra eftersom chassi och sliphuvud kräver olika fixturer och verktyg, vilket innebär att flera uppsättningar kan komma att behövas vid olika arbetsstationer. Detta kommer att kräva högre investeringar av HTC samtidigt som det kräver mer förvaringsyta för fixturer och verktyg. En ytterligare svårighet som uppstår med detta linjebalanseringsförslag är att det krävs mycket plats med både chassi och sliphuvud på en och samma station. Om både chassi samt sliphuvud skall monteras och förvaras vid samma arbetsstation under hela cykeltiden, kommer det krävas ett större arbetsbord till skillnad från att montera en del åt gången. Detta kommer även att öka ytan som behövs för den framtida produktionslinan och på så sätt minska den övriga tillgängliga ytan som finns att tillgå i lokalen. Om ett större arbetsbord inte är aktuellt, kommer det istället att krävas två taktade byten per station och cykeltid. Detta innebär att exempelvis chassit måste skickas vidare till nästkommande station innan sliphuvudet kan tas emot, eller vice versa. Två taktade byten är inte relevant i praktiken eftersom dessa två byten skall ske inom den angivna cykeltiden på 34,7 minuter, vilket försvårar både monteringsarbetet och skapar onödigt många rörelsemoment för montören. Att genomföra två taktade byten per arbetsstation innebär även att montören spenderar dubbelt så mycket tid på att genomföra byten, till skillnad från ett taktat byte per station. Detta i sin tur bidrar till icke-värdeadderande aktiviteter. Som Medbo och Wänström (2009) säger enligt kapitel 2.1 är det endast rent monteringsarbete som skapar värde.

Linjebalanseringsförslag 2 och 3 är skapade utifrån olika teoretiska metoder för stationsindelning samt önskemål från HTC. Dessa önskemål omfattar att kontrollen inte får utföras av den montör som monterat respektive del, utan kontrollen måste genomföras av en annan montör på nästkommande arbetsstation. Förslag 4 och 5 är en vidareutveckling på förslag 2 och 3 där samtliga aktiviteter i slutmonteringen har placerats på samma arbetsstation. Detta tar på så sätt inte hänsyn till HTC:s önskemål om att kontrollen i slutmonteringen skall ske av en annan montör än den som utfört monteringen. Förslagen

skapades istället med åtanke om hur lång tid en kontroll tar, till skillnad från hur lång tid en förflyttning av maskinen tar mellan två arbetsstationer. Med hjälp av observationer är det viktigt att poängtera att chassi och sliphuvud inte är sammankopplade när kontrollen i slutmonteringen utförs. Detta innebär att både chassi och sliphuvud måste förflyttas mellan stationer med endast elkablar som sammanfogar dem utifall kontroll skall ske på nästkommande station. Att utföra förflyttningen är otympligt, riskabelt och bör ta längre tid än att utföra en kontroll på maximum 60 sekunder. I både tabell 8 och 10 i kapitel 5 och i bilaga 5 och bilaga 6 framkommer det att både station 6 och station 7 har över 130 sekunder tillgodo, i jämförelse med den arbetsstationen med högst cykeltid. Detta innebär att även om hela slutmonteringen är placerad på arbetsstation 7 kan kontrollen utföras av montören placerad i station 6. Att placera slutmonteringen på en egen station, i jämförelse med två skilda stationer, är med största sannolikhet anledningen till varför endast utjämningsindex skiljer sig mellan förslag 2 och 4 samt 3 och 5 som beskrivs i kapitel 5.3.

Skillnaden mellan förslag 2 och 4 samt 3 och 5 är något som HTC därför måste ta hänsyn till när produktionslinan väl implementeras. Detta eftersom företaget måste ställa konsekvenserna i form av risken och tiden det tar att förflytta maskinen, i förhållande till hur lång tid det tar att genomföra kontrollen vid samma station som montering.

Som presenteras i tabell 6 finns det inte stora variationer i de utvärderingsindex, dock är det linjebalanseringsförslag 2 som har de lägsta värdena. Detta innebär att sett till index är förslag 2 det bästa alternativet, där chassi monteras före sliphuvud i monteringsordningen. Detta eftersom det gäller att minimera stillastående tid, utjämningsindex samt balanseringsförlusten.

6.2. Förbättringspotentialer gällande monteringen

Under studiens gång har vissa förbättringspotentialer uppmärksammats i den nuvarande monteringen. Dessa förbättringspotentialer borde HTC även beakta vid den framtida produktionslinan för att erhålla ett effektivare monteringsarbete. Det främsta förslaget är att standardisera arbetet så att monteringen sker i samma ordning varje gång den utförs i produktionslinan. I dagens montering har det uppmärksammats att detta inte är fallet eftersom montören själv kan bestämma monteringssekvensen på vissa av aktiviteterna. Om ett standardiserat arbetssätt inte följs i den kommande produktionslinan kan tider för samma operation komma att variera och cykeltiden kommer i så fall eventuellt att påverkas. Detta kan i sin tur öka risken för ett obalanserat produktionsflöde och därmed kan inte produktionen möta efterfrågan, det vill säga takttiden. Om ett standardiserat arbetssätt inte följs kan det även leda till både dubbelarbete och att risken för att en operation inte utförs ökar eftersom samtliga montörer utför operationerna i olika sekvenser. Till skillnad mot den nuvarande monteringen har inte varje enskild montör längre en helhetssyn över monteringen när aktiviteterna fördelas på flera montörer och flera arbetsstationer. En av svårigheterna som nämns i kapitel 2.7 med att implementera en produktionslina är att standardisera arbetet, enligt Hayes och Wheelwright (1979). Därför är det viktigt att HTC har det i åtanke redan från början vid implementering av produktionslinan. De borde därmed fokusera på att implementera rutiner för att få ett standardiserat arbetssätt.

Ett ytterligare förbättringsförslag är att HTC borde tillverka respektive modell i större serier när produktionslinan väl har implementerats. Detta för att undvika byte av modeller och därmed byte av monteringssekvens. På så sätt bidrar även det till ett mer standardiserat arbete och därmed minskar risken för att takttiden inte överskrids.

6.3. Validitet och reliabilitet

Gällande de observationer som genomförts kan fel ha uppstått när tiden har mätts på grund av den mänskliga faktorn. Detta på grund av att observatören har en reaktionstid som kan leda

till att inte endast ren monteringsstid mätts eller att tiduret inte stoppats i det ögonblick som operationen avslutas. Resultatet av felmätning kan på så sätt bidra till både högre tider men även lägre tider per observation om tiduret stoppats innan operationen är avslutad. Felmätning påverkar därmed tiderna i nätverksplaneringen, vilket i sin tur påverkar linjebalanseringen. För att erhålla en högre validitet hade fler observationer kunnat genomföras på de kompletterande tidsstudierna. För att öka validiteten ytterligare och även öka reliabiliteten hade de operationerna med fyra eller fler tidsstudier kunnat kompletteras med en observation per respektive operation. Reliabiliteten hade även ökat ifall ytterligare observationer på samtliga operationer hade genomförts. Tiden per operation hade även kunnat påverkas eftersom ytterligare observationer hade kunnat innebära andra tider, vilket i sin tur hade kunnat påverka linjebalanseringen.

I de fall när det fanns en eller två datapunkter som var avvikande från resterande datamängd ansågs dessa vara outliers och raderades från datamängden, vilket kan ha påverkat resultatet av linjebalanseringen. Vad dessa outliers beror på är oklart eftersom de tidsstudier där outliers upptäcktes, har utförts av HTC. Det kan bland annat bero på att fel har uppstått vid monteringen som på så sätt har lett till dubbelarbete eller att icke-värdeadderande aktiviteter även har mätts. På grund av detta valdes dessa outliers att tas bort från datamängden för att ta bort osäkerheter i resultatet vilket bidrar till ett resultat som efterliknar ordinarie montering på bästa vis. Att outliers tas bort från datamängden kan även komma att påverka reliabiliteten och validiteten negativt. Detta eftersom den borttagna datapunkten kan representera en händelse som sker frekvent i monteringen och borde på så sätt tas hänsyn till vid den framtida produktionslinan.

6.4. Samhälleliga och etiska aspekter

Genom att HTC implementerar en produktionslina kommer produktionen och den interna materialförsörjningen bli allt mer effektiv, vilket innebär att det bland annat krävs mindre rörelser för montörerna. Med en effektiv materialförsörjning som ligger nära produktionslinan blir det en kortare sträcka för montörerna att hämta komponenter, vilket även bidrar till kortare sträckor vid tunga lyft. Ur den ergonomiska aspekten kommer även mindre rörelser att minska förslitningsskador på den mänskliga kroppen. Den mer effektiva materialförsörjningen leder i sin tur till att montörerna vistas mindre i de allmänna utrymmena inom företaget där bland annat truckar och pallyftare befinner sig vid påfyllning och förflyttning av material. I och med detta finns det en mindre risk för att skador uppstår när ytorna blir uppdelade.

I produktionslinan kommer operationerna i monteringen fördelas på stationer där montören utför samma arbetsuppgifter. Istället för att tillverka en hel maskin från komponent till slutprodukt, behöver montören istället montera samma del av maskinen tills dess att montören byter arbetsstation. Detta innebär ett mer monotont arbete till skillnad från dagens montering, vilket i sin tur ökar risk för förslitningsskador. Om rotation mellan arbetsstationer ej sker kan det komma att bli olika stora arbetsbelastningar för montörerna, vilket kan skapa orättvisa gällande ergonomi och förslitningsskador på kroppen.

Ytterligare en aspekt när produktionen blir effektivare är att montörerna kan tillverka fler produkter än med den nuvarande monteringen. Därmed kan HTC i framtiden möta den ökade efterfrågan och på så sätt sälja fler produkter som skapar lönsamhet för företaget. När företaget skapar högre lönsamhet, ökar produktionsvolymerna, och därmed expanderar kan det medföra att de måste anställa fler inom företaget. Detta är en positiv aspekt sett ur Söderköpings perspektiv eftersom det skapar arbetsmöjligheter och på så sätt ger staden möjlighet att expandera.

Olhager (2013) menar i kapitel 2.1 är det fler och fler kunder som föredrar företag som arbetar för att skapa en hållbar produktion och på så sätt minska sin miljöpåverkan. Av den

orsaken borde HTC undersöka deras kunders preferenser angående krav på miljöansatsning. Om det visar sig att det är något som kunderna värdesätter, borde HTC tänka på att utveckla en mer hållbar produktion. Detta kan även medföra ytterligare konkurrensfördelar på marknaden om HTC tar ett större ansvar kring både miljö och sociala aspekter.

6.5. Vidare studier

Vidare studier som kan genomföras som en påbyggnad på denna studie är studier på alla modeller som skall tillverkas i den nya produktionslinan. Monteringssekvens och tidsstudier behöver undersökas även för dessa modeller för att kunna utforma ett aktivitetsnätverk. Aktivitetsnätverket kan sedan ligga till grund för linjebalansering av de resterande modellerna.

Genom hela produktionsprocessen gäller det att inte bara bibehålla cykeltiderna, utan även att ta hänsyn till vilka komponenter som skall finnas i anslutning till respektive arbetsstation. Detta för att minska plocktiden och ha ett så effektivt materialflöde som möjligt. Därför är ytterligare en studie hur materialet skall försörja produktionslinan, med hänsyn till de olika modellerna, intressant att genomföra. Som nämns i kapitel 2.7 finns det huvudsakligen två olika metoder på hur en produktionslina kan materialförsörjas. De två olika metoderna, kitting eller ett kontinuerligt flöde, måste undersökas för att avgöra vilken materialförsörjning som lämpar sig bäst till ändamålet. En ytterligare påbyggnad är att undersöka hur artiklarna skall vara placerade med hänsyn till yttre faktorer så som vikt, mått samt bytesfrekvens, i både produktionslinan och komponentlager.

Som nämns i kapitel 3.6.4 omfattar studien endast de fyra första stegen som Haugan (2002) beskriver i kapitel 2.2. De tre sista stegen bör även göras som en påbyggnad på denna studie, men är något som HTC själva måste genomföra i ett tidsrum närmare implementeringen av den framtida produktionslinan. Det femte steget, att uppskatta samt planera de resurser som behövs för att genomföra alla aktiviteter på respektive arbetsstation, är något som kan planeras tillsammans med materialförsörjningen. När placeringen av fixturer och verktyg planeras är det viktigt att ha i åtanke att rätt material skall finnas nära tillhands vid de olika arbetsstationerna. Genom att vidare studera hur rätt material skall finnas till rätt verktyg kan HTC minimera tiden för att hämta komponenter. Steg sex utvärderar om vissa moment i planeringen skulle kunna påverka slutdatumet, vilket i sin tur kan komma att påverka steg sju där planeringen övergår till en faktisk implementering. Detta är något som HTC måste ta ställning till om ett moment skulle bli försenat, vilket innebär att de måste skjuta fram implementeringen av produktionslinan. Därför är det viktigt att HTC ständigt kontrollerar att moment ligger i fas, vilket blir ett fortsatt arbete till dess att produktionslinan är implementerad.

När produktionslinan väl har implementerats kan en analys genomföras för att undersöka hur tillverkningen har förändrats med avseende på effektivitet efter implementering i jämförelse med innan. Detta för att undersöka den möjliga förbättringen gällande tillverkningstider och produktionsvolym. Analysen kan även undersöka hur implementeringen har skapat lönsamhet för företaget med avseende på investeringskostnad och vinst.

7. Slutsats

HTC står inför förändringar inom verksamheten där en produktionslina skall införas för att kunna möta den ökade efterfrågan och därmed tillverka större volymer. Denna studie görs som en påbörjad fas av implementeringen av en ny produktionslina hos HTC Sweden AB. Arbetet omfattar delar av den planerande fasen där sekvensering och linjebalansering görs. Detta för att effektivisera HTC:s produktion och på så sätt kunna anpassa produktionslinan efter målet om att öka produktionsvolymerna för att möta den ökade efterfrågan. Genom att ha utvärderat olika förslag på hur aktiviteterna tilldelas olika arbetsstationer samt analyserat för- och nackdelar, kan HTC ta dessa förslag i beaktning när implementering sker. Viktigt att ha i åtanke är att produktionslinan kommer att bestå av fler modeller än de modeller som studien studerat, vilka är Duratiq 6 och 8. Att endast en delmängd av samtliga modeller har studerats innebär att linjebalanseringsförslagen inte är fullt applicerbara utan måste även ta hänsyn till de övriga modeller som skall monteras i produktionslinan.

Genom studien har tre frågeställningar tagits fram som hjälp för att uppnå mål och syfte. Den första frågeställningen skall besvara vilken sekvens operationerna har i dagens produktionsprocess. Denna fråga besvaras med hjälp av monteringsbeskrivningar, observationer och intervjuer som låg till grund för utformningen av nätverksplaneringen. Det nätverk som presenteras i figur 5 i kapitel 4.2 är sekvensen för dagens aktiviteter i produktionsprocessen som HTC själva kallar för en cellformation. Aktivitetsnätverket, i figur 5, ligger även till grund för att besvara den andra frågeställningen där tiderna för respektive aktivitet skall redovisas. De observationer i form av tidmätningar som har gjorts i produktionen bidrar till att komplettera nätverket med tider för respektive aktivitet, och på så sätt representeras tiderna för monteringen som sker i dagens produktionsprocess. Den tredje och sista frågeställningen besvaras genom att välja det bästa förslaget av de fem linjebalanseringarna. Genom att välja det förslag som har minimerad stillastående tid, utjämningsindex samt balanseringsförlust kan cykeltiderna bibehållas, även med hänsyn till buffert, i den nya produktionslinan. Om cykeltiderna bibehålls kommer produktionen kunna möta efterfrågan och på så sätt leva upp till takttiden. Vid analys av de olika förslagen kring hur produktionslinan skall balanseras framkommer det av resultaten att chassidelen rekommenderas att monteras först.

Som tidigare nämnt är studien ett delmoment av implementeringen av produktionslinan där målet är att ta fram förslag på hur produktionslinan skall utformas och balanseras. De nio linjebalanseringsförslagen har skapats utifrån de sju arbetsstationer som produktionslinan skall bestå av samt insamlade tidsstudier för respektive operation som skall utföras i produktionslinan. De analyserade tidsstudierna låg till grund för cykeltiden per arbetsstation. Eftersom flera linjebalanseringsförslag har tagits fram, med hänsyn till de sju arbetsstationerna och de analyserade cykeltiderna, innebär det att målet med studien är uppfyllt.

Syftet med studien är att uppnå ett effektivt produktionsflöde i den framtida produktionslinan. Detta har uppnåtts genom att undersöka vilka operationer som skall utföras vid respektive arbetsstation i produktionslinan. Bortsett från de exkluderade linjebalanseringsförslagen 6–9, utvärderas linjebalanseringsförslag 1–5 med hjälp av de tre nämnda utvärderingsindex. Genom utvärdering erhålls det linjebalanseringsförslag som innebär minst stillastående tid, minst balanseringsförlust och är mest utjämnat. Det linjebalanseringsförslag som har de lägsta värdena i samtliga index är förslag 2 och därefter är förslag 4 det nästbästa, sett utifrån index. Det HTC måste ta ställning till är om de skall dela upp slutmonteringen eller inte. Med tanke på den otympliga förflyttningen som sker i linjebalanseringsförslag 2 rekommenderas dock förslag 4 att implementeras i den framtida produktionslinan. Förslag 4 innebär en mer tidseffektiv produktionslina med hänsyn till den icke-värdeadderande aktiviteten att förflytta maskinen. Om slutmonteringen skall tilldelas på en egen station, med andra ord

linjebalanseringsförslag 4, måste HTC besluta hur kontrollen skall ske gällande koppling av el mellan sliphuvud och chassi. Väljer HTC att slutmonteringen skall delas upp på två stationer, som linjebalanseringsförslag 2 innebär, måste de ta hänsyn till och avgöra hur förflyttning av ej sammansatta delar mellan station 6 och 7 skall utföras.

När produktionslinan implementeras finns det vissa aspekter som HTC måste ta i beaktning. HTC måste ta hänsyn till de två förbättringspotentialer angående monteringen vid implementering av produktionslinan. Det första innebär att standardisera monteringen för att minska monteringstidens variation och på så sätt bibehålla jämna cykeltider. Detta kommer även att underlätta arbetet när montörerna skall rotera mellan arbetsstationer eftersom de vet redan i förväg vilken montering som skall ske på vilken arbetsstation. Därför är det viktigt att HTC lägger ner den tid som behövs för att kunna skapa rutiner för vilka arbetsuppgifter som skall utföras vid respektive arbetsstation, när produktionslinan väl implementeras. Det andra förbättringsförslaget är att tillverka respektive modell i större serier för att skapa ett mer standardiserat arbete.

Utöver de aspekter som behöver tas i beaktning rekommenderas HTC även att justera cykeltiderna för varje arbetsstation i produktionslinan allteftersom större stillastående tider uppmärksammas. Detta eftersom en buffert för respektive aktivitet finns i nuläget genom att det högsta värdet av medelvärde och median har valts som aktivitetstid. De behöver även ha i åtanke att montörerna har en inlärningsperiod som är högre i början av en processförändring eftersom ett nytt arbetsmönster implementeras. Därmed kommer troligtvis monteringstiden att minska allteftersom. Genom att justera cykeltiden per station kommer produktionslinan bli mer effektiv och den totala monteringstiden per maskin minskar.

Båda dessa rekommendationer behöver tas hänsyn till för att den stillastående tiden skall bli så låg som möjligt. Viktigt att komma ihåg vid implementering av den nya produktionslinan är att det är en manuell montering och inte automatisk produktionslina. Detta kräver en viss marginal för den mänskliga faktorn vid varje arbetsstation.

Innan produktionslinan skall implementeras hos HTC måste de genomföra de tre sista stegen som Haugan (2002) förklarar enligt kapitel 2.2, på de modeller som studeras. Samtliga sju steg och linjebalansering måste därmed upprepas på resterande modeller som skall tillverkas i produktionslinan. När nätverksplanering samt linjebalanseringen utförts är nästkommande steg i processen att planera materialförsörjningen för alla modeller till produktionslinan. När produktionslinan väl implementerats borde HTC analysera huruvida tillverkningen har förändrats i jämförelse med dagens tillverkning. På så sätt kan de avgöra om förbättring skett gällande tillverkningens effektivitet.

Referenser

Trycka källor

- Aguinis, H., Gottfredsson, R. K. & Joo, H. (2013). Best-Practice Recommendations for Defying, Identifying and Handling Outliers. *Organizational Research methods*, 16(2), ss. 270-301. doi: 10.1177/1094428112470848
- Bellgran, M. & Safsten, K. (2010). *Production Development*. London: Springer-Verlag. ISBN 978-1-84882-494-2
- Boysen, N., Fliedner, M. & Scholl, A. (2007). A Classification of Assembly Line Balancing Problems. *European Journal of Operational Research*, 183(2), ss. 647-693. doi: 10.1016/j.ejor.2016.10.010
- Chao, Y. & Sun, W. (2016). Improve Assembly Line Balancing by Changing Cycle Time. *Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*. Harbin, China 7-10 augusti 2016, ss. 100-105.
- Dalen, M. (2011). *Intervju som metod*. Oslo: Gleerups Utbildning AB. ISBN 978-91-40-68829-3
- Dolgui, A. & Battaïa, O. (2013). A Taxonomy of Line Balancing Problems and their Solution Approaches. *International Journal of Production Economics* 142 (2): 259–277. doi: 10.1016/j.jipe.2012.10.020
- Duanmu, J. & Taaffe, K. (2007). Measuring manufacturing throughput using takt time analysis and simulation. *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference*. Washington D.C., USA 9-12 december 2007, ss. 1633-1640.
- Edling, C. & Hedström P. (2003). *Kvantitativa metoder – Grundläggande analysmetoder för samhälls- och beteendevetare*. Lund: Studentlitteratur AB. ISBN 987-91-44-04157-5
- Ejvegård, R. (2009). *Vetenskaplig metodik*. 4:6 Uppl., Lund: Studentlitteratur AB. ISBN 978-91-44-05474-2
- Eliasson, A. (2018). *Kvantitativ metod från början*. 4:1 Uppl., Lund: Studentlitteratur AB. ISBN 978-91-44-12296-0
- Finnsgård, C., Wänström, C., Medbo, L. & Neumann, W. P. (2011). Impact of materials exposure on assembly workstation performance. *International Journal of Production Research*, 24(49), ss. 7253-7274. doi: 10.1080/00207543.2010.503202
- Gobo, G. (2011). Observation. I Silverman, D. (red.) *Qualitative Research*. 4. Uppl. London: SAGE Publications Ltd, ss. 15-34.
- Hanson, R. & Brodin, A. (2013). A comparison of kitting and continuous supply in in-plant materials supply. *International Journal of Production Research*, 51(4), ss.979-992. doi: 10.1080/00207543.2012.657806
- Hanson, R., Medbo, L. & Medbo, P. (2012). Assembly station design: quantitative comparison of the effects of kitting and continuous supply. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23(3), ss. 315-327. doi: 10.1108/17410381211217399
- Haugan, G. T (2002). *Project Planning and Scheduling*. Vienna: Management Concepts. ISBN 1-56726-136-1

- Hayes, R. H. & Wheelwright, S. G. (1979). Link manufacturing process and product life cycles. *Harvard Business Review*, 57(1), ss. 133-140.
- Holme, I. M. & Solvang, B. K. (1997). *Forskningsmetodik: om kvalitativa och kvantitativa metoder*. 2 red. Lund: Studentlitteratur AB. ISBN 978-91-44-00211-8
- Johannessen, A. & Tufte, P. (2003). *Samhällsvetenskaplig metod*. 1:3 Uppl., Malmö: Liber AB. ISBN 978-91-47-06534-9
- Jonsson, P. & Mattson, S. (2016). *Logistik: Läran om effektiva materialflöden*. 3:e Uppl., Lund: Studentlitteratur AB. ISBN 978-91-44-11077-6
- Ketcham, M. G. (1992). A branch and bound approach to facility design for continuous flow manufacturing systems. *Department of Industrial Engineering & Operations Research*, 30(3), ss. 573-597.
- Larsson, S. (1994). Om kvalitetskriterier i kvalitativa studier. I Starrin, B. & Svensson, P (red.) *Kvalitativ metod och vetenskapsteori*. 1:21. Uppl., Lund: Studentlitteratur AB, ss. 163–189. ISBN 978-91-44-39861-7
- Liker, J. K. (2009). *The Toyota Way*. 1:3 Uppl., Malmö: Liber AB. ISBN 987-91-47-08902-4
- Lundgren, J., Rönnqvist, M. & Värbrand, P. (2003). *Optimeringslära*. 3:1 uppl. Lund: Studentlitteratur AB. ISBN 978-91-44-05314-1
- Medbo, L. & Wänström, C. (2009). The impact of materials feeding design on assembly process performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1), ss. 30-51. doi: 10.1108/17410380910925398
- Merriam, S. B. (1994). *Fallstudien som forskningsmetod*. Lund: Studentlitteratur AB. ISBN 978-91-44-39071-0
- Olhager, J. (2013). *Produktionsekonomi – Principer och metoder för utformning, styrning och utveckling av industriell produktion*. Lund: Studentlitteratur AB. ISBN 978-91-44-06-766-7
- Oskarsson, B., Aronsson, H. & Ekdahl, B. (2013). *Modern logistik – för ökad lönsamhet*. 4. Uppl., Stockholm: Liber AB. ISBN 978-91-47-11126-8
- Ponnambalam S. G., Aravindan P. & Mogileeswar Naidu G.. (1999) A Comparative Evaluation of Assembly Line Balancing Heuristics. *Internations Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15(8), ss. 577-586.
- Roy, D. & Khan, D. (2011). Optimum assembly line balancing by minimizing balancing loss and a range based measure for system loss. *Management Science Letters*, 1(1), ss. 13-22.
- Starrin, B. & Renck, B. (2011). Den kvalitativa intervjun. I Svensson, P. & Starrin, B. (red.) *Kvalitativa studier i teori och praktik*. 1:16. Uppl., Lund: Studentlitteratur AB, ss. 52–78. ISBN 978-91-44-39851-8
- Starrin, B. (1994). Om distinktionen kvalitativ-kvantitativ i social forskning. I Starrin, B. & Svensson, P (red.) *Kvalitativ metod och vetenskapsteori*. 1:21. Uppl., Lund: Studentlitteratur AB, ss. 11-39. ISBN 978-91-44-39861-7
- Svenning, C. (2003). *Metodboken*. 4:e Uppl., Eslöv: Lorentz förlag. ISBN 91-974891-0-7

Svensson, P. (2011). Förståelse, trovärdighet eller validitet. I Svensson, P. & Starrin, B. (red.) *Kvalitativa studier i teori och praktik*. 1:16. Uppl., Lund: Studentlitteratur AB, ss. 209–227. ISBN 978-91-44-39851-8

Tseng, H.-E. & Tang, C.-E. (2006). A sequential consideration for assembly sequence planning and assembly line balancing using the connector concept. *International Journal of Production Research*, 44(1), ss. 97-116. doi: 10.1080/00207540500250606

Wang, C., Caja, J. & Gómez, E. (2018). Comparison of methods for outlier identification in surface characterization. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 117, ss. 312-325. doi: 10.1016/j.measurement.2017.12.015

Elektroniska källor

HTC Sweden AB (2018). *HTC Professional Floor Systems – Product catalogue 2018*. <https://www.htc-floorsystems.com/sv-SE/Common/Media/Downloads.aspx> [2019-05-08]

HTC Sweden AB (å.u.). *HTC Group – Marknadsledaren inom golvslipning*. <https://www.htc-floorsystems.com/sv-SE/HTCGroup.aspx> [2019-02-21]

Länsstyrelsen Skåne (u.å.). *Verkstadsindustri*. <https://www.lansstyrelsen.se/skane/besok-och-upptack/kulturmiljoprogram/tema/skanes-historia-och-utveckling/industrins-landskap/verkstadsindustri.html> [2019-02-21]

Nationalencyklopedin (u.å.a). Industrialism. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2019-02-21]

Nationalencyklopedin (u.å.b). Verkstadsindustri. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2019-02-21]

Bilagor

Bilaga 1 – Tillvägagångssätt med Kilbridge och Wester heuristiken

Kolumn	Aktivitet					
A	P1	P2	P3	P4	P5	F1
B, beroende av A	C1	H1				
C, beroende av B	C2	H2				
D, beroende av B	C3	H3				
E, beroende av B	C4	H4				
F, beroende av B	C5	H5				
G, beroende av B	C6	H6				
H, beroende av B	C7	H7				
I, beroende av B	C8	H8				
J, beroende av B	C9	H9				
K, beroende av B	C10	H10				
L, beroende av B	C11					
M, beroende av B	C12					
N, beroende av B	C13					
O, beroende av B	C14					
P, beroende av B	C15					
Q, beroende av B	C16					
R, beroende av B	S1					
S, beroende av B	S2					
T, beroende av B	S3					
U, beroende av B	S4					
V, beroende av B	S5					
W, beroende av B	S6					

Bilaga 2 – Linjebalansering förslag 1

Station	Aktivitet	Tid
1	P1	378,8
	P2	422,4
	P3	122,6
	P4	131,6
	P5	170,5
	Cykeltid	1225,8
2	F1	416,7
	C1	745,2
	H1	113,6
	C2	197,4
	H2	144,0
	Cykeltid	1616,9

3	H3	348,7
	C3	445,1
	C4	527,4
	H4	74,4
	H5	19,4
	Cykeltid	1415,0
4	C5	514,2
	C6	265,5
	H6	170,5
	C7	118,4
	H7	502,3
	C8	118,3
	Cykeltid	1689,1
5	H8	292,9
	C9	189,4
	H9	333,3
	H10	617,5
	Cykeltid	1433,1
6	C10	467,1
	C11	177,5
	C12	133,8
	C13	158,5
	C14	208,0
	C15	284,1
	C16	268,6
	Cykeltid	1697,6
7	S1	22,0
	S2	288,8
	S3	129,3
	S4	194,9
	S5	757,6
	S6	140,8
	Cykeltid	1533,4
	Monteringstid	10611,0

Bilaga 3 – Linjebalansering förslag 2

Station	Aktivitet	Tid
1	P1	378,8
	P2	422,4
	P3	122,6
	P4	131,6
	P5	170,5

	F1	416,7
	Cykeltid	1642,5
2	C1	745,2
	C2	197,4
	C3	445,1
	Cykeltid	1387,7
3	C4	527,4
	C5	514,2
	C6	265,5
	C7	118,4
	C8	118,3
	Cykeltid	1543,7
4	C9	189,4
	C10	467,1
	C11	177,5
	C12	133,8
	C14	208,0
	C15	284,1
	Cykeltid	1459,9
5	H1	113,6
	H2	144,0
	H3	348,7
	H4	74,4
	H5	19,4
	H6	170,5
	H7	502,3
	H8	292,9
	Cykeltid	1665,9
6	H9	333,3
	H10	617,5
	S1	22,0
	S2	288,8
	C13	158,5
	Cykeltid	1420,1
7	C16	268,6
	S3	129,3
	S4	194,9
	S5	757,6
	S6	140,8
	Cykeltid	1491,2
	Monteringstid	10611,0

Bilaga 4 – Linjebalansering förslag 3

Station	Aktivitet	Tid	
1	P1	378,8	
	P2	422,4	
	P3	122,6	
	P4	131,6	
	P5	170,5	
	H1	113,6	
	H2	144,0	
	Cykeltid	1483,5	
	2	H3	348,7
H4		74,4	
H5		19,4	
H6		170,5	
H7		502,3	
H8		292,9	
Cykeltid		1408,2	
3		H9	333,3
		H10	617,5
	C1	745,2	
	Cykeltid	1696,0	
4	C2	197,4	
	C3	445,1	
	C4	527,4	
	C5	514,2	
	Cykeltid	1684,0	
5	C6	265,5	
	C7	118,4	
	C8	118,3	
	F1	416,7	
	C9	189,4	
	C10	467,1	
	Cykeltid	1575,3	
	6	C11	177,5
		C12	133,8
		C14	208,0
C15		284,1	
S1		22,0	
S2		288,8	
C16		268,6	
Cykeltid		1382,8	
7	C13	158,5	

	S3	129,3
	S4	194,9
	S5	757,6
	S6	140,8
	Cykeltid	1381,1
	Monteringstid	10611,0

Bilaga 5 – Linjebalansering förslag 4

Station	Aktivitet	Tid
1	P1	378,8
	P2	422,4
	P3	122,6
	P4	131,6
	P5	170,5
	F1	416,7
	Cykeltid	1642,5
2	C1	745,2
	C2	197,4
	C3	445,1
	Cykeltid	1387,7
3	C4	527,4
	C5	514,2
	C6	265,5
	C7	118,4
	C8	118,3
	Cykeltid	1543,7
4	C9	189,4
	C10	467,1
	C11	177,5
	C12	133,8
	C14	208,0
	C15	284,1
	Cykeltid	1459,9
5	H1	113,6
	H2	144,0
	H3	348,7
	H4	74,4
	H5	19,4
	H6	170,5
	H7	502,3
	H8	292,9
	Cykeltid	1665,9

6	H9	333,3
	H10	617,5
	C13	158,5
	C16	268,6
	Cykeltid	1378,0
7	S1	22,0
	S2	288,8
	S3	129,3
	S4	194,9
	S5	757,6
	S6	140,8
		Cykeltid
	Monteringstid	10611,0

Bilaga 6 – Linjebalansering förslag 5

<i>Station</i>	<i>Aktivitet</i>	<i>Tid</i>	
1	P1	378,8	
	P2	422,4	
	P3	122,6	
	P4	131,6	
	P5	170,5	
	H1	113,6	
	H2	144,0	
		Cykeltid	1483,5
	2	H3	348,7
H4		74,4	
H5		19,4	
H6		170,5	
H7		502,3	
H8		292,9	
		Cykeltid	1408,2
3		H9	333,3
	H10	617,5	
	C1	745,2	
		Cykeltid	1696,0
4	C2	197,4	
	C3	445,1	
	C4	527,4	
	C5	514,2	
		Cykeltid	1684,0
5	C6	265,5	
	C7	118,4	
	C8	118,3	

	F1	416,7
	C9	189,4
	C10	467,1
	Cykeltid	1575,3
6	C11	177,5
	C12	133,8
	C13	158,5
	C14	208,0
	C15	284,1
	C16	268,6
	Cykeltid	1230,6
7	S1	22,0
	S2	288,8
	S3	129,3
	S4	194,9
	S5	757,6
	S6	140,8
	Cykeltid	1533,4
	Monteringstid	10611,0